

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

SROVNÁNÍ ENVIROMENTÁLNÍCH ASPEKTŮ RŮZNÝCH NEKONVENČNÍCH TECHNOLOGIÍ OBRÁBĚNÍ.

COMPARATIVE STUDY OF ENVIROMENTAL ASPECTS OF DIFFERENT NON-CONVENTIONAL
CUTTING TECHNOLOGIES.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

DUŠAN MUZIKANT

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MARTIN SLANÝ

BRNO 2009

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá možným dopadem nekonvenčních metod obrábění na životní prostředí a lidský organismus. V první části této práce je popsána charakteristika a princip činnosti jednotlivých metod. Ve druhé části jsou podrobně řešeny enviromentální aspekty čtyř metod se zaměřením na filtrační systémy strojů nebo recyklaci použitých materiálů, pomocí kterých byl vyroben vzorek. Při jeho výrobě byly sledovány dostupné parametry, které sloužily ke konečnému srovnání základních enviromentálních aspektů těchto čtyř metod.

Klíčová slova

Nekonvenční metody obrábění, laser, plazma, vodní paprsek, drátové řezání, environmentální aspekty.

ABSTRACT

This thesis deals with possible impact of non-conventional cutting technologies on environment and human body. In the first part of this thesis are described characteristics and working principle of particular methods. In the second part there are detail solved enviromental aspects of four methods whit focus on the filtration machine systems or recycling of used materials, through which was the sample produced. During the production there were watched available parameters, which served for final compare of basic enviromental aspects of these four methods.

Key words

Non-conventional cutting technologies, laser beam machining, plasma beam machining, water jet, wire cutting, enviromental aspects.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MUZIKANT, D. *Srovnání enviromentálních aspektů různých nekonvenčních technologií obrábění*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 57 s., 14 příloh. Vedoucí práce: Ing. Martin Slaný.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Srovnání environmentálních aspektů různých nekonvenčních technologií obrábění vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum:

.....

Dušan Muzikant

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Martinu Slanému za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce, a firmám Argos-PF s.r.o. Prostějov, Fe Produkt a.s. Olomouc, Swiss Centrum Engineering s.r.o. Prostějov a AQUAdem s.r.o. Brno za podporu a spolupráci při zpracování praktické části této práce.

OBSAH

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah.....	7
Úvod	9
1 VYMEZENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ	10
1.1 Rozdělení nekonvenčních metod obrábění.....	11
1.2 Ekologie a ekologické aspekty průmyslové výroby.....	12
2 PRINCIP A VYUŽITÍ JEDNOTLIVÝCH NMO	14
2.1 Elektroerozivní obrábění.....	14
2.1.1 Elektrojiskrové drátové řezání.....	15
2.1.2 Elektrojiskrové hloubení.....	16
2.1.3 Elektrokontaktní obrábění.....	17
2.1.4 Anodomechanické obrábění.....	17
2.1.5 Enviromentální aspekty.....	17
2.2 Elektrochemické obrábění.....	18
2.2.1 Enviromentální aspekty.....	19
2.3 Chemické obrábění.....	20
2.3.1 Enviromentální aspekty.....	20
2.4 Obrábění ultrazvukem.....	21
2.4.1 Enviromentální aspekty.....	22
2.5 Obrábění paprskem plazmy.....	22
2.5.1 Enviromentální aspekty.....	24
2.6 Obrábění elektronovým paprskem.....	24
2.6.1 Enviromentální aspekty.....	24
2.7 Obrábění laserem.....	26
2.7.1 Enviromentální aspekty.....	26
2.8 Obrábění vodním paprskem.....	27
2.8.1 Enviromentální aspekty.....	28
3 VÝROBA VZORKU	29
3.1 Volba tvaru vzorku.....	29
3.2 Použitý materiál.....	29
3.3 Řezání laserem.....	30
3.3.1 Použitý stroj.....	30
3.3.2 Enviromentální aspekty.....	31
3.3.3 Zjištěné hodnoty při výrobě.....	35
3.4 Řezání plazmou.....	37
3.4.1 Použitý stroj.....	37
3.4.2 Enviromentální aspekty.....	38
3.4.3 Zjištěné hodnoty při výrobě.....	40
3.5 Výroba drátovým řezáním.....	41
3.5.1 Použitý stroj.....	41
3.5.2 Enviromentální aspekty.....	41

3.5.3 Zjištěné hodnoty při výrobě	42
3.6 Výroba vodním paprskem.....	43
3.6.1 Použitý stroj.....	43
3.6.2 Enviromentální aspekty	43
3.6.3 Zjištěné hodnoty při výrobě	46
4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	47
Závěr	51
Seznam použitých zdrojů	52
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	56
Seznam příloh	57

ÚVOD

Vlivem neustálého růstu počtu obyvatel a zvětšování objemu průmyslové výroby dochází k narušování různých ekologických a živočišných systémů, jako např. degradace půdy, kontaminace ovzduší, vod a půdy, vyhynutí mnoha živočišných forem a vysoká produkce odpadů. S tím úzce souvisejí i další problémy jako je globální oteplování, kyselé deště, zeslabení ozónové vrstvy atd. Protože je růst lidské populace jev prozatím nezvratný, je nutným a moderním trendem vládních orgánů všech zemí snaha omezovat účinky lidského působení na naši planetu.

Vědní obor, který zkoumá vzájemné působení přírodních ekosystému a člověka, se nazývá enviromentalistika. Využívá poznatky z různých oborů, jako např. ekologie, chemie, fyziky a ekonomie. Zabývá se tedy prevencí znečišťování ovzduší, nápravou vzniklých škod a nežádoucích zásahů, ochranou přírody, monitorováním složek životního prostředí, využíváním přírodních zdrojů a nakládáním s energiemi a ochranou lidského zdraví.

Mezi hlavní enviromentální faktory sledované u průmyslové výroby patří:

- produkce emisí (zavádění využití nových druhů paliv, využívání filtračních jednotek a katalyzátorů),
- elektromagnetické a radioaktivní záření (rentgenové, UV, záření gama, infračervené, mikrovlnné atd.),
- spotřeba elektrické energie (účinnost strojů a energetických zdrojů),
- hluk a vibrace,
- omezení úniku nebezpečných látek, jejich skladování a likvidace (např. hydraulické oleje, motorové a strojní oleje),
- produkce odpadů (omezování kvantity, jeho třídění),
- využívání druhotných surovin a plně recyklovatelných materiálů.

Aktuálním trendem v oblasti průmyslu je využívání nových, tzv. progresivních či nekonvenčních, technologií obrábění, které využívají tepelného, elektrického, chemického či mechanického principu. K jejich rozvoji došlo za druhé světové války a v následujících letech při řešení problémů v leteckém a kosmonautickém průmyslu při zpracování nových materiálů jako byly kompozity, keramika, kalené oceli, plasty atd.

Během použití těchto metod dochází často ke vzniku různých sloučenin, jako jsou aerosoly, prachové částice, plyny a páry, které mohou mít i toxický účinek. Proto je nutné znát dokonale tento účinek jednotlivých emisních složek na lidský organismus a životní prostředí. V současné době je známo přes 10 mil. popsanych chemických sloučenin a každým rokem jich přibývá. Toxicita prvků a sloučenin se dříve testovala na pokusných zvířatech, což je postupně, avšak ne v plné míře, nahrazováno alternativními metodami testování (počítačové modely a simulace chemických reakcí). Účinek na životní prostředí je určován dle chemických poznatků reakcí prvků, dlouhodobým pozorováním a laboratorními pokusy.

1 VYMEZENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ

Nekonvenční (progresivní) metody obrábění (dále jen NMO) jsou založeny na využití mechanického, elektrického nebo chemického principu při úběru materiálu. Jedná se převážně o bezsilové působení nástroje na obráběný materiál, bez tvoření klasických třísek, které vznikají při obrábění řeznými nástroji.

Pro tyto metody nejsou rozhodující mechanické vlastnosti obráběného materiálu (tvrdost, křehkost, obrobitelnost), kdy při využití konvenčních metod tyto vlastnosti tvořily mezní bariéru použitelnosti, ale vlastnosti fyzikální a chemické (tepelná a elektrická vodivost, teplota tání, odolnost proti elektrické a chemické korozi aj.). Proto je možné obrábět velice rozmanité spektrum materiálů (keramika, titanové slitiny, kalené a žáruvzdorné oceli, kompozitové materiály ale i sklo, fólie, papír aj.).

Důvody zavádění NMO do průmyslové výroby:

- rostoucí podíl těžkoobrobitelných materiálů (žáropevných a žáruvzdorných ocelí, kalených ocelí a litin, keramických materiálů, slinutých kovů, titanových slitin, kompozitních materiálů),
- možnost opracování i nepravidelných tvarů (vnějších i vnitřních),
- zvyšující se nároky na tvarovou složitost a rozměrovou přesnost součástí, zejména nástrojů, forem a zápuštěk,
- miniaturizace (lékařský průmysl, řídicí a regulační prvky),
- vhodnost využití v automatizovaných provozech, využití CAD a CAM systémů.

Nevýhodou některých NMO je menší produktivita, srovnání dosahovaných úběrů materiálu Q_v s klasickými třískovými technologiemi obrábění je uvedeno v tab. 1.1. Měrná práce E_p ukazuje energetickou náročnost jednotlivých metod, přičemž energie potřebná k roztavení oceli činí přibližně $10 \text{ J} \cdot \text{mm}^{-3}$.

Tab. 1.1 Porovnání výkonových parametrů vybraných NMO¹³

Způsob obrábění	Úběr materiálu Q_v [$\text{cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$]	Měrná práce E_p [$\text{J} \cdot \text{mm}^{-3}$]	Příkon obráběcího stroje [kW]	Dosažitelná přesnost [mm]
Soustružení, frézování	až 1 000	1÷10	5÷10	0,0250
Broušení	5÷100	5÷200	5÷150*	0,0025
Elektroerozivní obrábění	10^{-4} ÷0,6	100÷1 000	10	0,0250
Obrábění paprskem plazmy	100	500÷1 000	50÷150*	0,5000
Obrábění paprskem elektronů	0,01÷0,40	1 500	100	0,0250
Obrábění paprskem laseru	0,01÷0,40	až 30 000	5÷15	0,0500
Elektrochemické obrábění	0,05÷0,50	10÷100	až 200*	0,0550
Ultrazvukové obrábění	0,01÷10,00	1 000÷3 000	1÷5	0,0150
* jedná se o extrémní případy				

1.1 Rozdělení nekonvenčních metod obrábění

Dle převládajících účinků při obrábění lze NMO dělit takto:

a) Obrábění tepelným principem:

- **elektroerozivní obrábění** (Electro Discharge Machining - **EDM**),
- **obrábění paprskem plazmy** (Plasma Beam Machining - **PBM**, Plasma Arc Machining - **PAM**),
- **obrábění paprskem laseru** (Laser Beam Machining - **LBM**),
- **obrábění paprskem elektronů** (Electron Beam Machining - **EBM**).

b) Obrábění elektrochemickým nebo chemickým principem:

- **elektrochemické obrábění** (Electro Chemical Machining - **ECM**),
- **chemické obrábění** (Chemical Machining - **CM**),
- **fotochemické obrábění** (Photo Chemical Machining - **PCM**).

c) Obrábění mechanickým principem:

- **ultrazvukové obrábění** (Ultrasonic Machining - **USM**),
- **obrábění vodním paprskem** (Water Jet Machining - **WJM**),
- **obrábění abrazivním vodním paprskem** (Abrasive Waterjet - **AWJ**).

Technologické parametry pro vybrané typy nekonvenčních metod obrábění jsou uvedeny v tab. 1.2.

Tab. 1.2 Technologické parametry vybraných NMO²³.

Metody	Ra [μm]	Stupeň přesnosti IT	Hloubka ovlivněné vrstvy [μm]	Úběr materiálu Q _v [cm ³ ·min ⁻¹]	Měrná spotřeba energie [kWh·cm ⁻³]
Elektroerozivní obrábění (EDM)	50÷0,2	6÷12	10÷300	10 ⁻⁴ ÷0,6	0,1÷1,0
Obrábění paprskem laseru (LBM)	50÷6,3	7÷12	100	10 ⁻⁴	8÷13
Obrábění paprskem elektronů (EBM)	50÷6,3	/	neovlivňuje	10 ⁻² ÷0,4	/
Obrábění paprskem plazmy (PBM)	50÷6,3	7÷12	500÷800	100	/
Elektrochemické obrábění (ECM)	2,5÷1,6	9÷12	neovlivňuje	0,05÷0,5	0,1÷0,3
Elektrochemické broušení (ECG)	0,8÷0,2	6÷9	neovlivňuje	10 ⁻²	0,04÷0,08
Ultrazvukové obrábění (USM)	6,3÷0,4	7÷9	neovlivňuje	10 ⁻² ÷10	0,07÷0,80
Obrábění vodním paprskem (WJM, AWJ)	3,2	7÷9	neovlivňuje	/	/

1.2 Ekologie a ekologické aspekty průmyslové výroby

Zavádění environmentálních požadavků na výrobu a tím i směrnic s uvedenými dovozenými obsahy prvků má za úkol předcházet vzniku emisní prvků ohrožujících lidské zdravý a životní prostředí, vzniku odpadů (množství, ekologická likvidace), hledat možnosti recyklace po skončení životnosti výrobku přímo při jeho návrhu, nacházet řešení pro ekologickou likvidaci všech odpadů spojených s výrobou (strojní oleje, čisticí chemické prostředky, laky, ředidla atd.).

Při pracovním procesu je lidské tělo ohroženo nejčastěji možností vdechnutí nebezpečných látek a kontaktem s kůží. Inhalace je druhý nejrychlejší způsob vstřebání látek v lidském organismu, protože látky se v plicích ihned váží do okysličené krve a tím dochází k jejich téměř okamžitému rozšíření po celém těle. Látky vstřebané kůží se postupně také dostávají do krevního oběhu a poté dochází buď k místní reakci (dráždění, leptání, alergická reakce) nebo se chemikálie přesune do části těla, kde se může hromadit či vstřebávat (např. tukové tkáně, kosti). Hlavní nebezpečí tvoří karcinogenní látky (např. sloučeniny berylia, chromu a niklu, chromany zinku), prvky těžkých kovů a radioaktivní látky².

Z toho důvodu byla prováděna měření, pokusy a toxikologické rozborů látek vznikajících při různém průmyslovém zpracování železných i neželezných kovů, plastů, skel a jiných materiálů a stanoveny nejvyšší přípustné koncentrace na pracovišti (NPK), také používaná německá zkratka MAK. Novela zákona č. 361/2008 Sb. stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci. Tento zákon zahrnuje hygienické limity a hygienické požadavky na pracovní prostředí, opatření k ochraně zdravotních rizik, stanoví rizikové faktory pracovních podmínek, ochranu před chemickými karcinogeny a mutageny a udává přípustné expoziční limity (PEL) a nejvyšší přípustné koncentrace (NPK-P). Tato novela vychází ze směrnice 2000/39/ES vydané Evropskou unií, kde byly stanoveny první základní hodnoty NPK a PEL (tab. 1.3 a příloha 1). Podmínkami používání chemických látek, jejich uváděním na trh, označování, skladování, manipulací, likvidací aj. se zabývá zákon 157/1998 Sb. Zákon 185/2001 Sb. se zabývá odpadovým hospodářstvím, členěním odpadů, stanovením jejich nebezpečných vlastností, způsoby jeho dalšího využívání a odstraňování (příloha 2). Stanovení přípustných hodnot velikosti hluku vydávaných stroji je uvedeno ve směrnici ČSN EN ISO 11204 a ČSN EN ISO 3744.

Pro určení látek nebezpečných pro životní prostředí se používá ekotoxikologických testů, testů biologické rozložitelnosti, určení vlivu na ozonovou vrstvu či právě toxikologického rozboru (např. ovlivnění vodních zdrojů, kontaminace půdy).

V ČR se ochraně životního prostředí věnuje Ministerstvo životního prostředí, Česká inspekce životního prostředí, Český ekologický úřad, Ministerstvo zdravotnictví a program EMAS, který stanovuje systémy řízení podniků z hlediska ochrany životního prostředí.

Tab. 1.3 Hodnoty expozic vybraných prvků na pracovišti⁸

EINECS ⁽¹⁾	CAS ⁽²⁾	NÁZEV ČINITELE	LIMITNÍ HODNOTY				Poznámka ⁽³⁾
			8 hodin ⁽⁴⁾		Krátká doba ⁽⁵⁾		
			mg·m ⁻³⁽⁶⁾	ppm ⁽⁷⁾	mg·m ⁻³⁽⁶⁾	ppm ⁽⁷⁾	
200-193-3	54-11-5	Nikotin	0,5	/	/	/	pokožka
200-579-1		Kyselina mravenčí	9	5			/
200-659-6		Methanol	260	200			pokožka
200-830-5		Chlorethan	268	100			/
202-716-0	98-95-3	Nitrobenzen	1,0	0,2	/	/	pokožka
203-625-9	108-88-3	Toluen	192	50	384	100	pokožka
203-628-5	108-90-7	Chlorbenzen	23	5	70	15	/
203-692-4	108-90-7	Pentan	3 000	1 000	/	/	/
203-777-6	110-54-3	n-Hexan	72	20	/	/	/
203-806-2	110-82-7	Cyklohexan	700	200			
204-696-9	124-38-9	Oxid uhličitý	9 000	5 000	/	/	/
205-483-3	141-43-5	2-aminoethan-1-ol	2,5	1,0	7,6	3,0	pokožka
205-634-3	144-62-7	Kyselina šťavelová	1	/	/	/	/
206-992-3	420-04-2	Kyanamid	1	0,58	/	/	pokožka
207-343-7	463-82-1	Neopentan	3 000	1 000	/	/	/
215-236-1	1314-56-3	Oxid fosforečný	1	/	/	/	/
215-242-4	1314-80-3	Sírník fosforečný	1	/	/	/	/
231-131-3	7440-22-4	Stříbro (rozpustné sloučeniny)	0,01	/	/	/	/
	7440-30-3	Baryum (rozpustné sloučeniny)	0,5				
	7440-47-3	Chrom, anorganické sloučeniny chromu (II) a anorganické sloučeniny chromu (III - nerozpustné)	2	/	/	/	/
231-714-2	7697-37-2	Kyselina dusičná	/	/	2,6	1,0	/
231-778-1	7726-95-6	Brom					
231-959-5	7782-50-5	Chlór	/	/	1,5	0,5	/
233-060-3	10026-13-8	Chlorid fosforečný	1	/	/	/	/

(1)- EINECS: European Inventory of Chemical Substances (Evropský seznam chemických látek, které jsou na trhu).

(2)- CAS: Chemical Abstract Service Registry Number (registrační číslo CAS).

(3)- Poznámka „pokožka“ označuje možnost závažného proniknutí pokožkou.

(4)- Měřené nebo vypočtené ve vztahu k referenčnímu období osmi hodin jako časově vážený průměr.

(5)- Limitní hodnota, nad kterou by nemělo dojít k expozici a která odpovídá době 15 minut, není-li stanoveno jinak.

(6)- mg·m⁻³ miligramy na metr krychlový vzduchu ve 20°C a 101,3 kPa.

(7)- ppm = částice na milion a na objem vzduchu (ml·m⁻³).

2 PRINCIP A VYUŽITÍ JEDNOTLIVÝCH NMO

2.1 Elektroerozivní obrábění

Elektroerozivní obrábění patří do skupiny NMO pracujících na tepelném principu vlivem elektroeroze, kdy při velké koncentraci energie ($10^5 \div 10^7 \text{ W} \cdot \text{mm}^{-2}$) dochází k odtavení a odpařování materiálu obrobku. To je způsobeno periodicky se opakujícím elektrickým výbojem mezi dvěma elektrodami, anodou a katodou. Anoda je zpravidla tvořena nástrojovou elektrodou s požadovaným tvarem a katoda obrobkem. Obě elektrody jsou ponořeny v dielektrickém médiu, což je kapalina s vysokým elektrickým odporem, nebo jsou obklopeny plynným médiem. Natavený materiál je z místa obrábění odplavován proudícím dielektrikem a zůstává v něm obsažen ve formě spalin a mikročástic. Je důležité zdůraznit, že elektroerozi podléhají jen elektricky vodivé materiály, proto lze tohoto principu využít jen pro obrábění vodivých materiálů. Kromě kovových materiálů ale i keramické a plastové materiály na bázi či s přísadami kovových prvků²⁵.

Při přiblížení elektrod se vytváří elektrické napěťové pole, ve kterém se pohybují volné ionty, jejich rychlost se zvyšuje a pohyb je usměrněný od anody ke katodě. Funkční vzdálenost se pohybuje v rozmezí $0,005 \div 0,1 \text{ mm}$. Zpočátku mezi elektrodami nastává elektronová vodivost, která přechází v iontovou. Tím vzniká ionizované neboli vodivé pole, které umožňuje procházení proudu mezi elektrodami a vznik plazmatického toku, který dosahuje teplot $3\,000^\circ\text{C} - 12\,000^\circ\text{C}$. K těmto výbojům dochází po celé ploše elektrody a dochází tak k rovnoměrnému úbytku materiálu. Parametry, dosahované při obrábění touto metodou, jsou uvedeny v tab. 2.1.

Tab. 2.1 Parametry obrábění dosahované elektroerozivním obráběním¹³

Způsob obrábění	Dosažitelná přesnost rozměrů [mm]	Dosažitelná hodnota obrobeného povrchu R_a, R_{\max} [μm]
Opracování nahrubo, pulzní zdroje, velká energie výboje (hloubení).	$\pm 0,02 \div \pm 0,05$	$R_a > 6$ R_{\max} asi 25
Normální opracování, pulzní zdroje.	$\pm 0,01 \div \pm 0,02$	$R_a = 2 \div 6$ $R_{\max} = 8 \div 25$
Jemné a velmi přesné obrábění, vysokofrekvenční zdroje, (řezání drátovou elektrodou).	$\pm 0,005 \div \pm 0,010$	$R_a = 0,8 \div 2$ $R_{\max} < 6$
Elektroerozivní leštění (přesné řezání drátovou elektrodou).	až $\pm 0,002$	$R_a = 0,2 \div 0,8$ $R_{\max} < 2,5 \div 4$

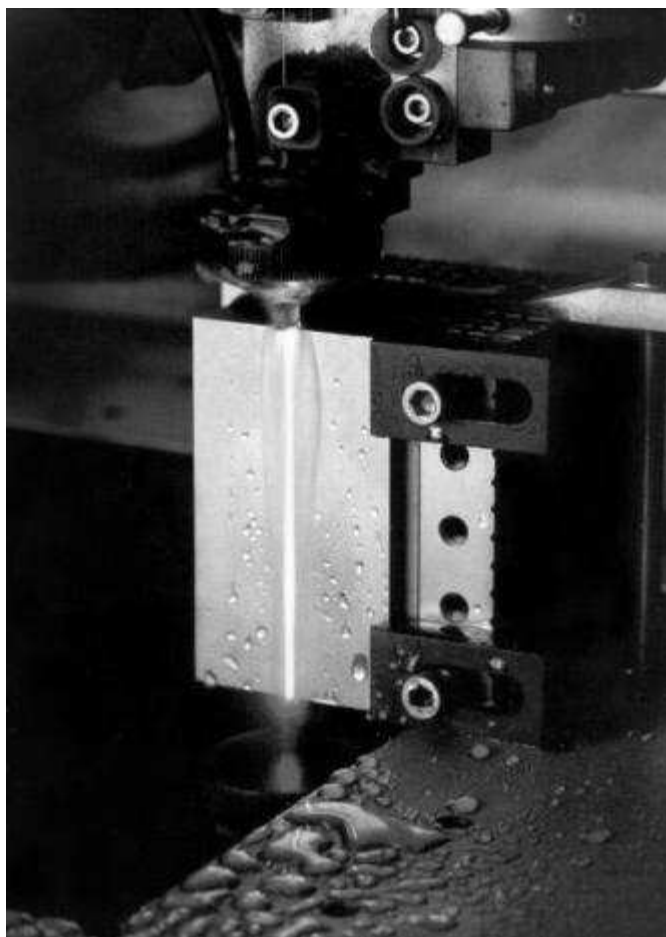
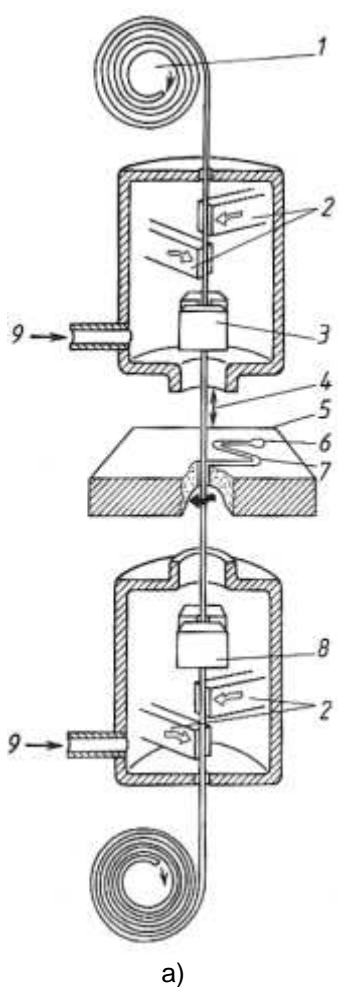
Snahou je dosáhnout maximálního úbytku materiálu na obrobku při minimálním úbytku materiálu nástrojové elektrody. Tento poměr se vyjadřuje tzv. relativním objemovým úbytkem δ :

$$\delta = \frac{\text{objemový úbytek nástroje}}{\text{objemový úbytek obrobku}} \cdot 100 \text{ [\%]} \quad (2.1)$$

2.1.1 Elektrojiskrové drátové řezání

Výhodou této metody je možnost zhotovovat tvarové a šikmé řezy při výrobě střížných a lisovacích nástrojů s vysokou přesností a jakostí povrchu při minimální šířce řezu (v závislosti na průměru drátu, který je od 0,03 do 0,35 mm) ve všech vodivých materiálech. Uplatnění našla i při dělení a obrábění velmi tvrdých a pevných materiálů (slinuté karbidy, kalené oceli, titanové slitiny aj.) při velikosti úběru materiálu přibližně $200 \text{ mm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$. Schéma drátového řezání je uvedeno v obr. 2.1.

Upínací stoly i řezací hlavice jsou řízeny CNC systémem a je tedy možné dosahovat přesných délkových i úhlových rozměrů s přesností i 0,001 mm a průměrná aritm. úchylka profilu od $Ra=0,1 \mu\text{m}$. Používané řezací dráty jsou vyráběny z molybdenu, mědi a jejich slitin, převážně z mosazi, či povlakované chromem, stříbrem, cínem a zirkonem s jádrem ze slitiny mědi.



1 - zásobník drátu, 2 - přívod výbojového proudu, 3 - horní vedení drátu, 4 - napínání drátu, 5 - obrobek, 6 - startovací díra, 7 - řezaný tvar, 8 - dolní vedení drátu, 9 - přívod dielektrika

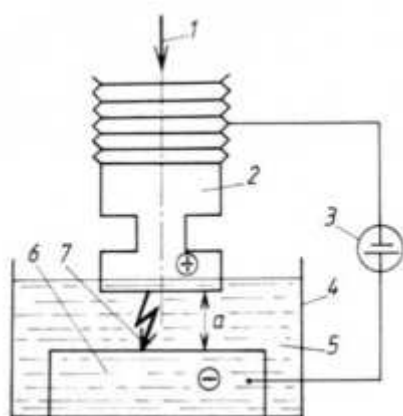
Obr. 2.1 a) Schéma drátového řezání¹³, b) Řezný proces³

2.1.2 Elektrojiskrové hloubení

Elektrojiskrové hloubení je používáno pro výrobu složitých vnějších i vnitřních tvarů např. tvářecích forem a střížných a lisovacích nástrojů. Nástrojová elektroda má negativní tvar požadované obrobené plochy. Používané materiály elektrod jsou uvedeny v tab. 2.2. Na obrobek při obrábění nepůsobí mechanické síly, vzniká menší odpad než při klasických metodách obrábění, proces lze automatizovat a vyrábět povrchy různých jakostí. Nevýhodou je nutnost ponoření celého obrobku v dielektriku (obr. 2.2b), nízká produktivita a opotřebení elektrody. Princip činnosti je zobrazen na obr. 2.2a.

Tab. 2.2 Materiály pro výrobu nástrojových elektrod²⁴.

Materiál	Charakteristika
Grafit	Nejčastěji používaný materiál, dobře obrobitelný s nízkým opotřebením. Nevýhodou je znečišťování hloubicího stroje.
Měď	Dobrá elektrická vodivost, nízké opotřebení, vhodná pro obrábění karbidu wolframu. Umožňuje dosáhnout hodnoty Ra lepší než 0,5 μm.
Měď - wolfram, stříbro - wolfram	Drahé materiály, používaný pro výrobu hlubokých drážek. Jsou vyráběny slinováním wolframu s mědí nebo stříbrem, poté se ale už nemůžou tvarovat (křehkost materiálu).
Měď - grafit	Dražší než grafit, používá se pro obrábění karbidu wolframu.
Mosaz	Levný a snadno obrobitelný materiál, vysoké opotřebení.
Wolfram	Pro výrobu děr s průměrem $D < 0,2$ mm.



a)



b)

1 - směr posuvu nástrojové elektrody, 2 - nástrojová elektroda, 3 - generátor, 4 - pracovní vana, 5 - tekuté dielektrikum, 6 - obrobek, 7 - elektrický výboj, a - pracovní mezera

Obr. 2.2 a) Princip hloubení¹³, b) Pracovní proces²⁶

2.1.3 Elektrokontaktní obrábění

Je zvláštní případ elektroerozivního obrábění, při kterém dochází k úběru materiálu elektrickými obloukovými výboji při použití střídavého proudu o nízkém napětí (25 V). Používá se např. pro řezání nálitků a opracování svarů. Při přiblížení elektrody k obrobku vznikne oblouk a v místě přímého kontaktu se materiál obrobku začne tavit. Elektroda vykonává při pracovním procesu otáčivý pohyb, čímž se zabrání svaření s obrobkem, a po dobu obrábění je chlazena vodou nebo stlačeným vzduchem. Výhodou této metody je jednoduchá konstrukce zařízení a vysoká produktivita (úběr materiálu až $200 \text{ cm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$). Oproti tomu je dosahováno horších hodnot R_a , tvarové a rozměrové přesnosti a vzniká velká tepelně ovlivněná oblast (až 5 mm).

2.1.4 Anodomechanické obrábění

Je na rozhraní elektroerozivního a elektrochemického obrábění. Obrábění probíhá při vysokých teplotách, roztavený kov je z místa, kde došlo k výboji, odstraňován otáčejícím se nástrojem. Pracovní prostor je zaplaven kapalinou - elektrolytem (křemičitan sodný, tzv. vodní sklo, nebo roztok tetraboritu sodného. Během procesu nasávají podmínky i pro elektrolýzu.

2.1.5 Enviromentální aspekty

Nejproblémovější částí u elektroerozivního obrábění jsou bezesporu elektrolyty (petrolej, vodní sklo, solné roztoky, deionizovaná destilovaná voda, lehké strojní nebo transformátorové oleje). Pro správnou funkci elektrolytu je nutné zajistit jeho filtraci, deionizaci a doplňování na pracovní množství. Po skončení životnosti zase zaručit jeho ekologickou likvidaci. Ta je nutná provádět často chemickou cestou, což zvyšuje náklady na jeho likvidaci. Při výrobě nástrojových elektrod (opracování grafitu aj.) dochází ke vzniku prachových částic a tím k značnému znečištění okolního vzduchu. Tato výroba vyžaduje použití filtračního zařízení pro čištění vzduchu a speciálních respiračních pomůcek.

Křemičitan sodný (vodní sklo) při požití poškozuje ledviny, petrolej vysušuje a narušuje kůži stejně jako oleje a může způsobit záněty a ekzémy.

Podrobný popis enviromentálních aspektů drátového řezání je uveden v kapitole 3.5.2.

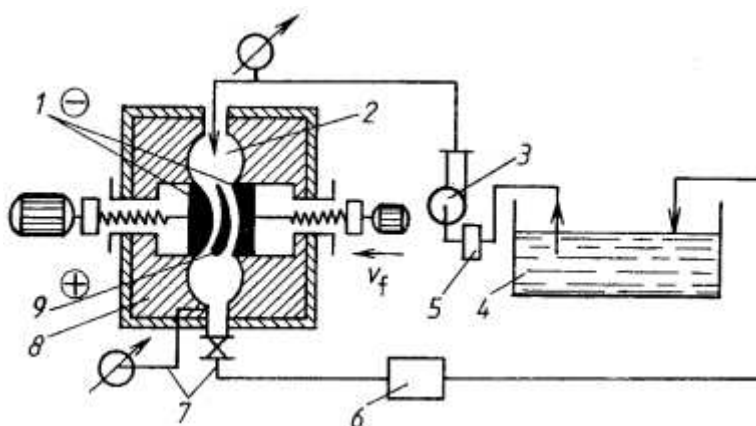
2.2 Elektrochemické obrábění

Elektrochemické obrábění je metoda beztržiskového a bezsilového obrábění elektricky vodivých materiálů založený na principu elektrolýzy. Pro tuto metodu jsou těžce obrobitelné slitiny duralu a slitiny s velkým obsahem uhlíku (šedá litina). Parametry elektrochemického obrábění a jejich srovnání s elektroerozivním obráběním je uvedeno v tab. 2.3.

Tab. 2.3 Porovnání elektrochemického a elektroerozivního obrábění¹³.

Parametr	Elektrochemické obrábění	Elektroerozivní obrábění
Úběr materiálu	$\sim 20\,000\text{ mm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ pro zdroje 10 000 A	max. $\sim 5\,000\text{ mm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$
Rychlost obrábění	$0,5 \div 10\text{ mm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$	$0,01 \div 0,1\text{ mm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$
Opotřebení nástroje	bez opotřebení	závislé na zdroji a parametrech obrábění, zpravidla 1÷30%
Přesnost	$0,01 \div 0,2\text{ mm}$	až $0,001\text{ mm}$
Plocha obrábění	$> 100\text{ cm}^2$ pro zdroje 10 000 A	$> 1\,000\text{ cm}^2$
Pracovní prostředí	vysoké nároky na elektrolyt a jeho čištění, problémy s jeho likvidací	snažší čištění dielektrika, nezávadný odpad

Obráběná součást (anoda) a nástrojová elektroda (katoda, vyráběná z mosazi, mědi, korozivzdorné oceli a grafitu) jsou ponořeny v elektrolytu. Při působení elektrického proudu dochází k reakci kationtů elektrolytu s anionty obráběného kovu a tím dochází k rozrušování povrchu obrobku. Narušené a nesoudržné částice povrchu obrobku jsou z místa reakce odplavovány proudícím elektrolytem. Na obr. 2.3 je zobrazeno schéma elektrochemického obrábění a na obr. 2.4 je znázorněn polotovar a hotový výrobek lopatkového rotoru.



1 - nástroj (katoda), 2 - rozvod elektrolytu, 3 - čerpadlo, 4 - nádrž s elektrolytem, 5 - chladič, 6 - filtr, 7 - regulátor tlaku, 8 - pracovní komora, 9 - obrobek (anoda)

Obr. 2.3 Schéma obrábění vnějších tvarových ploch¹³

Hlavními úkoly elektrolytu je zajistit vedení elektrického proudu, schopnost rozpouštět anodu, odvádět z pracovního prostoru teplo a odvádět zároveň produkty vzniklé chemickými reakcemi. Jako elektrolytu se používá NaCl, NaClO₃, HCl, H₂SO₄ a NaOH a pro leštění povrchů i H₂PO₃. Použití elektrolytů v praxi při elektrochemickém obrábění je uvedeno v tab. 2.4.

Tab. 2.4 Elektrolyty pro chemické obrábění¹³.

Typ elektrolytu	Hmotnostní koncentrace (%)	Obráběné materiály	Poznámka
NaCl	5÷20	slitiny na bázi Fe, Ni, Cu, Al, Mg, Ti	Silně korozivní, malý vliv na pasivaci, nejedovatý a levný.
NaNO ₃	10÷20	slitiny na bázi Fe, Al, Cu, Zn	Univerzální použití, výrazně pasivační účinky.
NaClO ₃	20÷45	oceli	Vysoký úběr materiálu a přesnost, nebezpečná manipulace, nebezpečí vznícení.
HCl, H ₂ SO ₄	do 10%	slitiny Ni, Cr, Co	Náročné na bezpečnost, agresivní prostředí, elektrolyt se spotřebovává.
NaOH	do 10%	W, Mo, slinuté karbidy	Leptací účinek, obtížná manipulace.

Elektrochemické obrábění se používá pro hloubení vnějších i vnitřních tvarů a dutin nástrojových forem, broušení či povrchové značení. Dosahované přesnosti jsou u jednoduchých tvarů až $\pm 0,01$ mm a u složitých $\pm (0,05 \div 0,2)$ mm při hodnotě $R_a = 0,2 \div 2$ μm . Další využití této metody je ve výrobě otvorů s průměrem menším než 1 mm v těžkoobrobitelných materiálech jako jsou např. chladičové otvory leteckých lopatek proudových motorů (základní parametry jsou uvedeny v příloze 3).



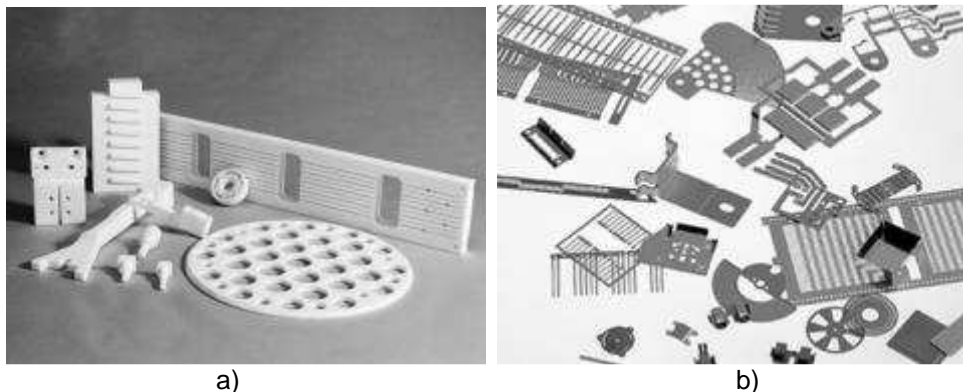
Obr. 2.4 Výroba lopatek turbíny elektrochemickým obráběním³²

2.2.1 Enviromentální aspekty

Likvidace kyselin se provádí protolytickými reakcemi (disociace, neutralizace, autoprotolýza), kdy kyselina reaguje s vodou, zásadou nebo s jinou kyselinou. Příprava, výroba i další manipulace vyžadují bezpečnostní pomůcky, obezřetnost a další pomocné přípravky např. k ochraně obráběného materiálu (pryskyřice, laky aj.). Tyto úpravy jsou v celkovém měřítku poměrně nákladné (speciální pomůcky, filtrační zařízení).

2.3 Chemické obrábění

Chemické obrábění patří mezi beztržiskové a bezsilové metody obrábění. Povrch obrobku je chemickými reakcemi s kyselinami nebo hydroxidy naleptáván a tím dochází k jeho obrábění, jde tedy o řízené odleptávání vrstvy materiálu. Místa, která nemají být obrobena, se zakrývají speciálním lakem nebo pryskyřicí, tzv. maskou.



Obr. 2.5 Příklady výrobků a) ³³, b) ³⁴

Touto metodou se obrábí materiály z hliníku a jeho slitin, konstrukční uhlíkové oceli, korozivzdorné oceli, mědi, mosazi, titanu aj. Slouží k výrobě mělkých, zpravidla od 0,05 mm do 1,5 mm, hlubokých a tvarově složitých reliéfů, zároveň však o velké ploše (potahy leteckých křídel z hliníku). Vhodná je i pro obrábění tenkostěnných součástí (nedochází k deformaci obrobku), které lze jinak jen těžko upnout, a vyrábění děr do tenkostěnných trubek a fólií (obr. 2.5). Významné uplatnění našla metoda v opracování křemíkových materiálů a odstraňování otřepů termickou reakcí vodíku a kyslíku. Typy pracovních kapalin jsou uvedeny v tab. 2.5.

Tab. 2.5 Typy pracovních kapalin²⁴.

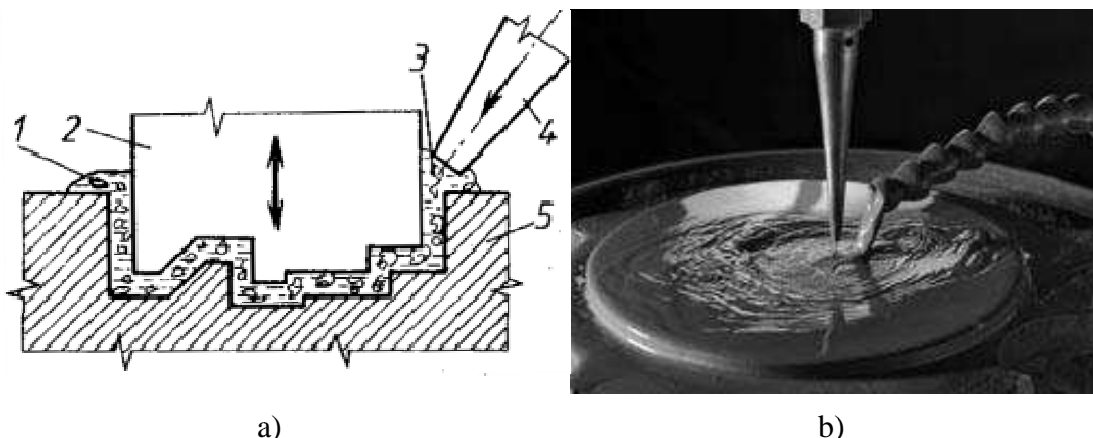
Obráběný materiál	Pracovní kapalina	Rychlost leptání [mm·min ⁻¹]
Si	HNO ₃ + HF + H ₂ O	velmi nízká
Al	FeCl ₃ (120÷180 g·l ⁻¹)	0,020
Slitiny Al	NaOH (160÷180 g·l ⁻¹)	0,025
Slitiny Ti	HF (10÷50 %), HF + HNO ₃	0,025
Cu a její slitiny	FeCl ₃ (550÷600 g·l ⁻¹)	0,050
	(NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ (120÷240 g·l ⁻¹)	/
Mg a jeho slitiny	H ₂ SO ₄	0,038
Nízkouhlíkové oceli	FeCl ₃ (550÷600 g·l ⁻¹), HNO ₃ (10÷15 %), HCl + HNO ₃	0,025
Korozivzdorné oceli	FeCl ₃ (550÷600 g·l ⁻¹), HCl (50 %) + HNO ₃ (5 %) + H ₂ PO ₄ (2,5 %)	/

2.3.1 Enviromentální aspekty

Pro tuto metodu platí stejné zásady a skutečnosti, jako jsou uvedeny v kapitole 2.2.1.

2.4 Obrábění ultrazvukem

Ultrazvuk je kmitavá mechanicko-akustická energie, které se využívá pro obrábění tvrdých a křehkých kovových i nekovových materiálů jako např. skla, keramiky, diamantu a slinutých karbidů.



1 - kapalina, 2 - nástroj, 3 - brousící zrna, 4 - přívod brousících zrn a kapaliny, 5 - obrobek

Obr. 2.6 a) Schéma ultrazvukového obrábění¹³, b) Příklad USM³⁵

Ultrazvukové kmity vyvolávají na obrobku různé typy namáhání a napětí. Tím vzniká ovlivněná oblast, ve které dochází k tepelným, deformačním, elektrochemickým a mechanickým účinkům. Zrna abraziva jsou přiváděna mezi nástroj a obrobek a rozptýlena ve vodě, ultrazvukovým pohybem nástroje střídavě zatlačována do obráběného materiálu, kde svými hranami vylamují částice z jeho povrchu (obr. 2.6). Základní druhy používaných abraziv jsou uvedeny v tab. 2.6.

Tab. 2.6 Druhy používaných abraziv⁴.

Druh abraziva	Tvrdost [MOHS]	Mikrotvrdost [N·mm ⁻²]	Poměrná řezivost
Umělý korund (Al ₂ O ₃)	9,00÷9,50	20 600	0,14÷0,16
Karbid křemíku (SiC)	9,50	30 000	0,25÷0,45
Karbid bóru (B ₄ C)	9,50÷9,75	43 000	0,50÷0,60
Diamant	10,00	100 000	1,00

Na rychlost obrábění má vliv tzv. kavitace, která je ovlivněna frekvencí ultrazvukových vln a teplotou vody. Je to jev, při kterém v kapalině vznikají vakuové bubliny, které při změně tlaku implodují za vzniku rázové vlny. Tato vlna dodává další mechanickou energii zrnům brusiva a tím zvyšuje jejich možný úběr materiálu. Základní část ultrazvukového obráběcího stroje je polovodičový generátor, který přeměňuje el. energii z frekvence 50 Hz na vysokofrekvenční energii s UZ frekvencí 19÷25 kHz. Dále je mechanismus tvořen měniči vysokofrekvenční energie na mechanickou, koncentrátorem napětí (titanové nebo hliníkové slitiny) a nástrojem (z titanu nebo oceli např. 14 220), který má požadovaný tvar obrobku.

Metodou lze vrtat průchozí i neprůchozí otvory různých tvarů, vytvářet reliéfy, čistit malé i velké předměty jako např. šperky. Uplatnění nalezla i ve svařování a pájení, snímacích zařízeních a při podpoře tvářecích a obráběcích procesů. Dosahovaná přesnost obrábění je v rozmezí $\pm(0,01\div 0,05)$, nevýhodou je ovšem ztráta tvaru a přesnosti nástroje vlivem obrušování.

2.4.1 Enviromentální aspekty

Použité brusivo je možno recyklovat a znovu používat stejně tak i ekologicky likvidovat podobně, jako je popsáno v kap. 3.6.2.

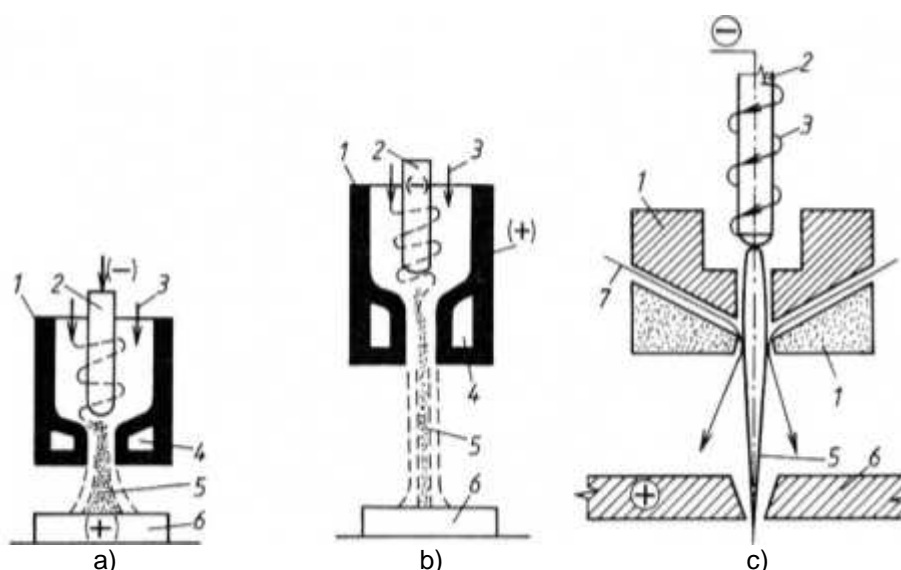
2.5 Obrábění paprskem plazmy

Tato technologie je používána již od padesátých let dvacátého století. Mezi netavící se katodovou elektrodou z wolframu a anodou (obrobek, hořák) je udržován elektrický oblouk, skrz který prochází proudící plazmový plyn (argon, dusík, kyslík, vzduch, vodík nebo směs argonu a vodíku). Molekuly plynu se při průchodu el. obloukem rozkládají za vzniku velkého množství tepelné energie a UV záření. Poté je paprsek plazmy (plynný stav hmoty) usměrněn na obrobek, kde v místě styku dochází k tavení jeho materiálu vlivem teploty vyšší než 10 000 °C (dochází k poměrně velkému tepelnému ovlivnění materiálu). Pracovní podmínky viz tab. 2.7.

Tab. 2.7 Pracovní podmínky pro řezání plazmou¹³.

Obráběný materiál	Tloušťka materiálu [mm]	Pracovní podmínky				Šířka řezu [mm]	
		Proud [A]	Napětí [V]	Průměr paprsku [mm]	Řezná rychlost [mm·min ⁻¹]	na vstupu paprsku	na výstupu paprsku
Korozivzdorná ocel	20	300	130	2,8	1 500	4,4	3,0
	30	280	140	3,0	1 000	5,8	3,5
	60	500	150	4,4	550	8,0	6,0
	100	700	170	5,5	370	10,0	9,0
Slitina hliníku	25	280	130	3,0	2 800	4,5	3,0
	50	450	135	4,2	1 600	6,2	5,0
	70	450	150	4,2	1 000	6,5	5,0
	125	700	160	5,5	550	9,5	7,5
Použitý plyn: směs Ar + H ₂			Spotřeba plynu: Ar: 1 500 l·h ⁻¹ H ₂ : 2 000 l·h ⁻¹				

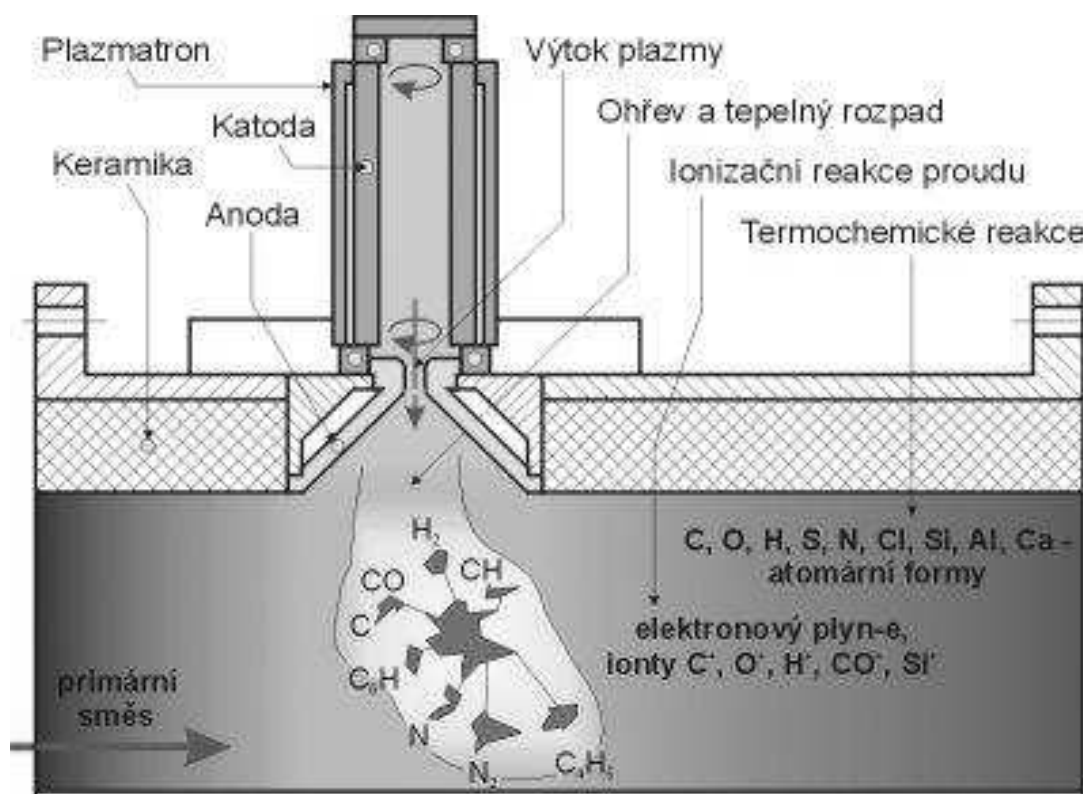
Dle typu použitého stabilizačního média pro udržení el. oblouku se v praxi používají dva typy hořáků (obr. 2.7): s plynovou stabilizací a s vodní stabilizací. S plynovou stabilizací je to transferový hořák (anoda je tvořena obrobkem a katoda elektrodou) a netransferový hořák (anoda tvořena tělesem hořáku a katoda elektrodou). Pro zúžení a zaostření paprsku po opuštění hořáku se používají tzv. fokusační plyny (argon, dusík, směs argonu a vodíku, směs argonu a dusíku). Pro ochranu paprsku plazmy i nataveného kovu před účinky atmosféry, jsou používány ochranné (asistenční) plyny (argon, dusík).



a) s transferovým obloukem, b) s netransferovým obloukem, c) s vodní stabilizací,
1 – těleso hořáku, 2 – katoda, 3 – přívod plynu (argon), 4 – chlazení hořáku,
5 – paprsek plazmatu, 6 – obrobek, 7 – přívod vody)

Obr. 2.7 Druhy plazmových hořáků³⁶

Metody plazmového paprsku se využívá pro svařování, nanášení povlaků, dělení materiálu (především hrubování), pro likvidaci škodlivých průmyslových odpadů a tavení materiálu v pecích (obr. 2.8). Při obrábění lze plazmu využít jako předehřev před břitem řezného nástroje pro těžkoobrobitelné mat. nebo extrémně dlouhé výrobky (papírenské válce).



Obr. 2.8 Využití plazmy při roztápění práškových kotlů³⁸

2.5.1 Enviromentální aspekty

Hlavní problém tvoří vznikající hluk, UV záření a prach. Při použití hořáku s vodní stabilizací lze celý proces řezání provádět pod vodou, tím se snižuje prašnost, hlučnost a vliv UV záření na obsluhu. Podrobněji je tento problém řešen v kap. 3.4.2.

2.6 Obrábění elektronovým paprskem

V elektronovém dělu se generuje, urychluje a zaostřuje svazek elektronů o hustotě $10^6 \div 10^9 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$ a průměru paprsku v místě působení $2,5 \div 10 \text{ } \mu\text{m}$ (obr. 2.9). Rychlost elektronů je přibližně o 25 % nižší než rychlost světla a celý tento děj probíhá ve vakuu. V místě dopadu paprsku elektronů na obráběný povrch se jejich kinetická energie mění na tepelnou a dochází tak k natavení a odpaření materiálu (obr. 2.10). Vybrané technologické parametry jsou uvedeny v tab. 2.8.

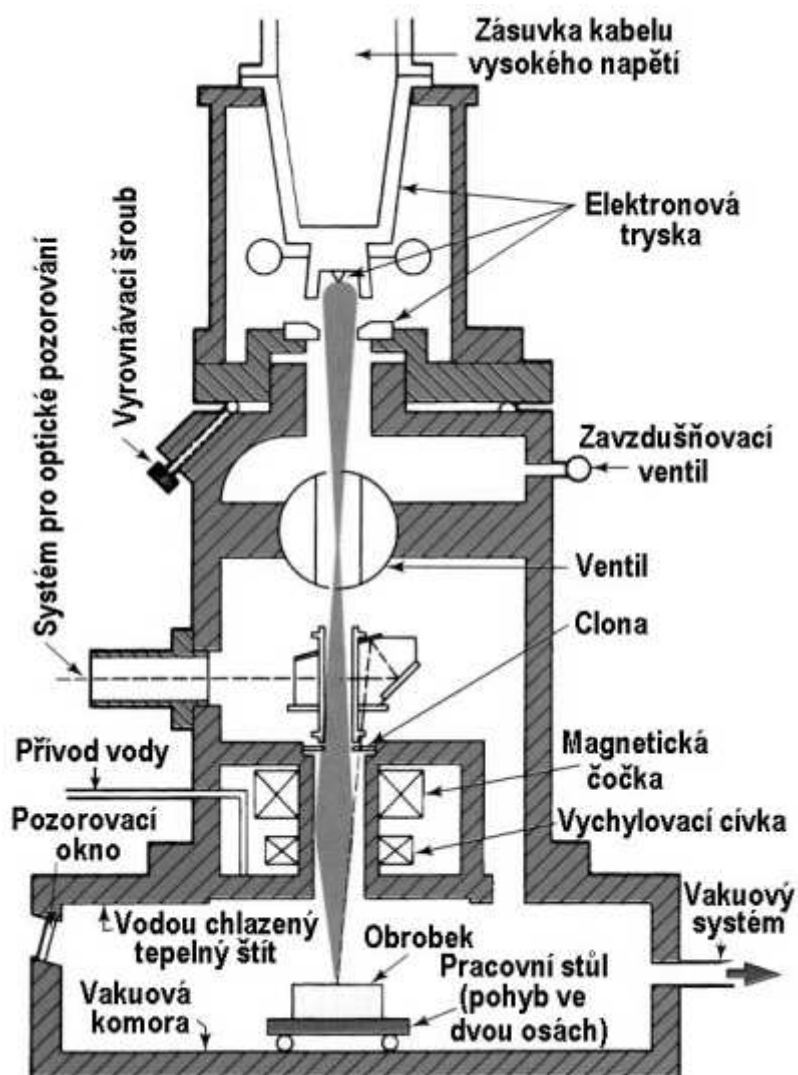
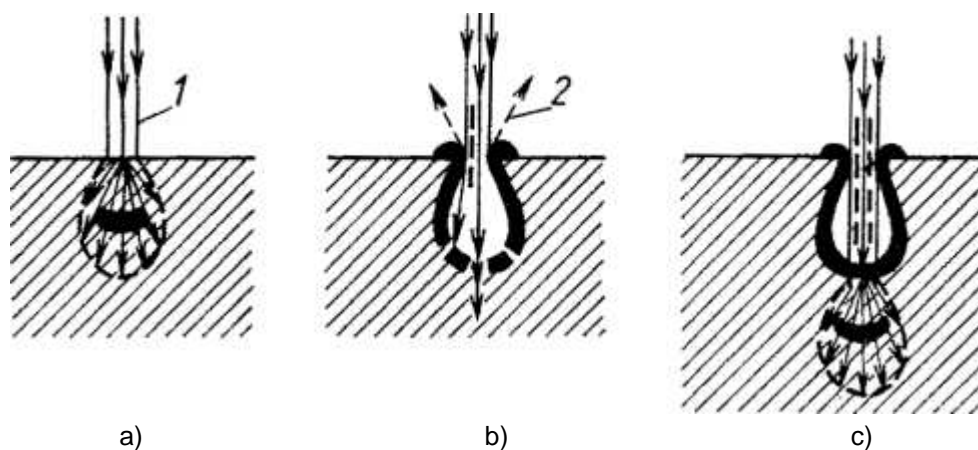
Tab. 2.8 Vybrané technologické parametry při výrobě díry a drážky³⁷.

Materiál	Hloubka díry [mm]	Průměr díry [mm]	Čas vrtání [s]	Šířka drážky [mm]	Hloubka drážky [mm]	Řezná rychlost [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$]
Wolfram	0,25	25	<1	25	0,05	125
Korozivzdorná ocel	1	125	<1	100	0,175	50
Hliník	2,5	125	10	/	/	/
Keramika	0,75	300	30	100	0,75	600
Křemík	3	25	<1	/	/	/
Mosaz	/	/	/	100	0,25	50

Elektronového paprsku se užívá pro obrábění tenkých kovových materiálů do hloubky $0,5 \div 1 \text{ mm}$ a $2 \div 3 \text{ mm}$ pro dielektrické materiály při minimální šířce řezu $0,01 \text{ mm}$ a max. posuvu $20 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$. Vyrábí otvory s velkým poměrem délky ku průměru (až 100 ku 1) a o průměru menším než $0,05 \text{ mm}$. Lze použít pro svařování, pájení, řezání materiálů, tepelné zpracování, výrobu polovodičových součástek a jemné elektroniky a obrábění materiálů z titanu, molybdenu, wolframu, slinutých karbidů, keramiky, skla atd. Důležité místo našla tato metoda v elektrotechnice při výrobě procesorů.

2.6.1 Enviromentální aspekty

Tato metoda se vyznačuje minimálními ekologickými dopady. Ovšem při obrábění ve vakuové komoře též dochází ke vzniku různých plyných sloučenin, proto je nutné vybavit tuto komoru odsávacím a filtračním zařízením.

Obr. 2.9 Schéma obrábění elektronovým paprskem²⁴

a)

b)

c)

1 - elektronový paprsek, 2 - páry odpařeného kovu

a) vnik elektronů do materiálu obrobku, b) erupční odpařování materiálu,

c) opět vnik elektronů do materiálu obrobku

Obr. 2.10 Princip obrábění elektronovým paprskem¹³

2.7 Obrábění laserem

Laser (LIGHT AMPLIFICATION by STIMULATED EMISSION of RADIATION neboli zesílení světla pomocí vynucené emise záření) je používán od padesátých let dvacátého století. Využívá principů kvantové fyziky, kdy se při přechodu elektronů z vyšší valenční vrstvy do nižší uvolňuje energie ve formě elektromagnetického záření, které je monochromatické (s jedinou vlnovou délkou) a koherentní (související paprsky se společným původem v jediném zdroji). Směr tohoto záření je ovládán optickými čočkami a zrcadly. Při dopadu usměrněného paprsku na obrobek se mění elektromagnetická energie na tepelnou, která natavuje jeho materiál.

Podle použití aktivní látky lze lasery dělit na:

- plynové (CO_2 , N_2 , He; tzv. CO_2 lasery),
- pevné Nd: YAG (syntetické krystaly $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ s ionty neodymu Nd^{3+}),
- kapalinové.

V současné době jsou v praxi nejvíce využívány plynové lasery, mezi výhody laseru patří možnost rychlého zažehnutí paprsku, velké řezné rychlosti, hustoty paprsku a jeho snadné ovládání. Odpadají náklady na pořizování a údržbu nástrojů. Laserové stroje lze snadno začlenit do automatizovaných systémů. Mezi nevýhody se řadí hlavně vysoká pořizovací cena a malá účinnost vzhledem k příkonu stroje. Srovnání parametrů jednotlivých typů laserů je uvedeno v tab. 2.9.

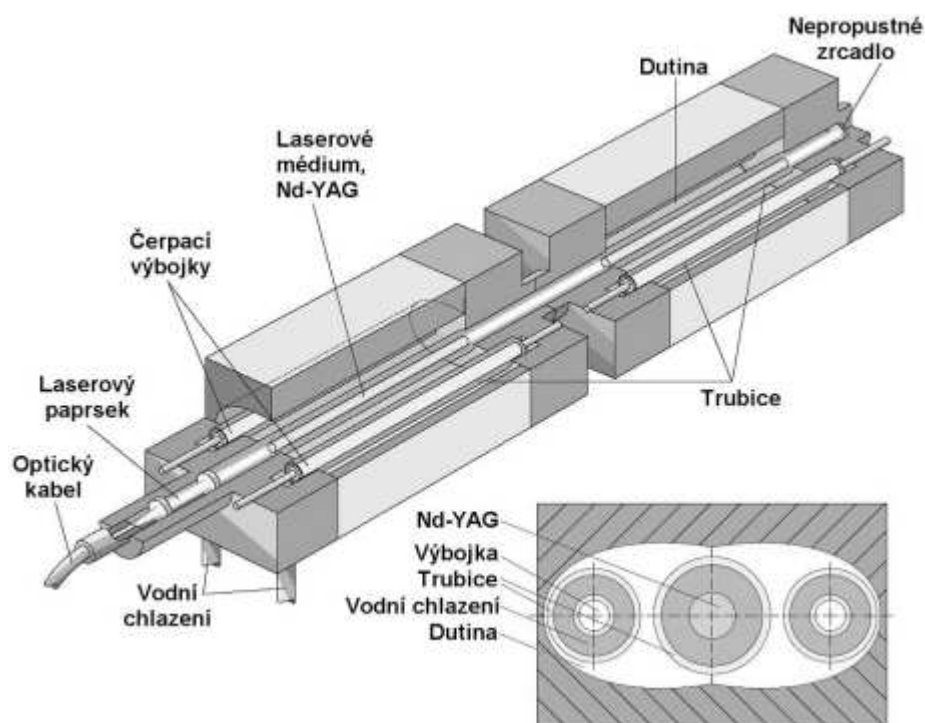
Tab. 2.9 Srovnání parametrů jednotlivých typů laserů¹³.

Vlastnosti		CO_2 laser	Nd: YAG laser	Výkonný polovodičový laser
Délka vlny	[μm]	10,6	1,06	0,3÷30
Účinnost	[%]	10÷15	3 - 8	30÷50
Velikost pracovní hlavy laseru	[dm^3]	10	10	1
Střední výstupní výkon	[kW]	do 30	do 4	do 2
Střední intenzita zaostřeného paprsku	[$\text{W}\cdot\text{cm}^{-1}$]	$10^6\div10^{30}$	$10^5\text{-}10^9$	$10^3\div10^5$
Interval údržby	[h]	1 000	500	2 000÷10 000

Laserového paprsku se využívá k vrtání, nanášení povlaků, soustružení, gravírování (mikrofrézování), frézování, svařování, pájení a popisování, dělení materiálu řezáním aj. Schéma laserového děla je zobrazeno na obr. 2.11.

2.7.1 Enviromentální aspekty

Obecně během obrábění laserem dochází k hoření materiálu, vznikají tedy různé spaliny, ať už v plynné formě nebo prachů. Tato problematika je popsána v kap. 3.3.2.

Obr. 2.11 Schéma laserového tělesa²⁴.

2.8 Obrábění vodním paprskem

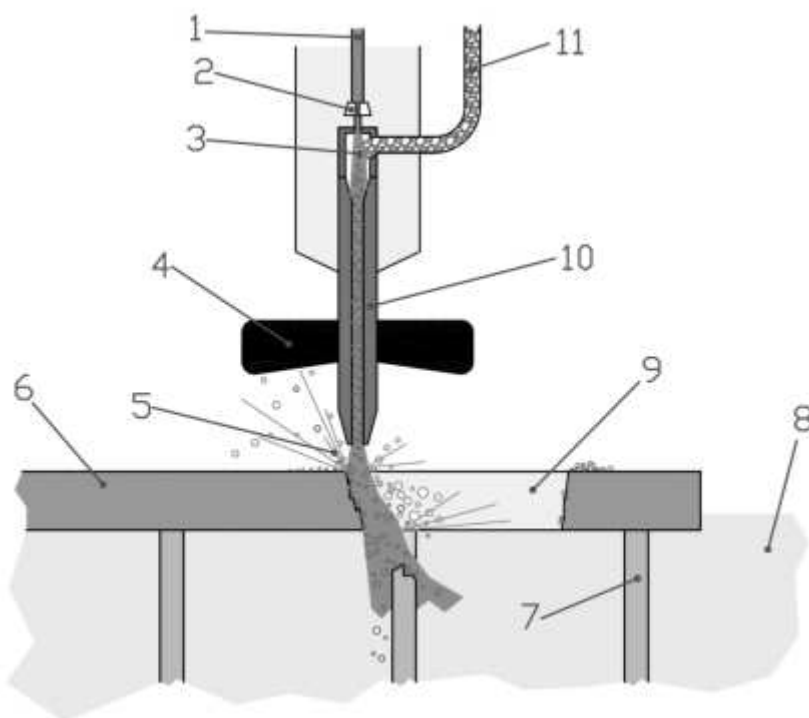
Při hledání možností dělení tenkých a převážně nekovových materiálů při stavbě raketoplánů v USA, byl při pokusech prokázán abrazivní účinek vodního paprsku, o vysokém tlaku a rychlosti, vlivem erozivních vlastností vody. Pro zvýšení abrazivního účinku bylo do vodního paprsku přimícháváno brusivo. Vodním paprskem se dělí zejména nekovové materiály (lamináty, grafitové kompozity, sklotextil, kevlar aj.). Tato metoda je používána i pro řezání betonu, mražených potravin či obnažování ocelových konstrukcí. Tloušťka materiálu, kterou lze obrobít AWJ (WJM) je 0÷400 mm (v extrémních případech i 600 mm). Dosahované řezné rychlosti jsou uvedeny v tab. 2.10.

Tab. 2.10 Řezné rychlosti při obrábění AWJ³⁹.

Materiál	Tloušťka řezaného materiálu [mm]	Řezná rychlost [m·min ⁻¹]
Měkká ocel	1,6	0,500
	180,0	0,010
Korozivzdorná ocel	5,0	0,400
	25,0	0,076
Hliníková slitina	1,6	1,300
	100,0	0,025
Titanová slitina	3,0	0,500
	12,0	0,100
Sklo	13,0	1,300
	25,0	0,130
Mramor	50,0	0,040
Beton	250,0	0,025

Vodní paprsek narušuje materiál obrobku a zároveň ho odplavuje, při použití brusiva jednotlivá brusná zrna naráží na materiál a obrušují ho. Při obrábění vodním paprskem nevzniká tepelně ovlivněná oblast. Vysokotlaké čerpadlo vytvoří pracovní tlak vody až 400 MPa, poté je paprsek veden potrubím k vodní trysce, která usměrní průměr vodního paprsku v rozmezí $0,2 \div 0,4$ mm a vyrábí se ze safíru, rubínu nebo diamantu. V případě použití abraziva jde paprsek přes směšovací komoru, do které je podtlakem nasáváno abrazivo, do abrazivní trysky, která určuje výsledný průměr vodního paprsku v rozmezí od $0,75 \div 2,5$ mm (obr. 2.12). Při použití vodního paprsku bez abraziva je tento výsledný průměr od $0,08 \div 1,6$ mm.

Kvalita obráběného povrchu závisí hlavně na rychlosti řezání, tlaku vody, průměru trysek, vzdálenosti trysky od obrobku, použitém brusivu (druh a velikost) a sklonu paprsku. Používá se široké spektrum druhů abraziva (např. přírodní granát, olivín, karbidy křemíku, na bázi oxidu hlinitého, minerální a křemičitý písek).



- | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| 1 Vysokotlaká voda | 6 Obráběný materiál |
| 2 Vodní tryska | 7 Žebro pracovního stolu |
| 3 Směšovací komora | 8 Hladina vody v pracovním stole |
| 4 Ochranná manžeta | 9 Plocha řezaného tvaru |
| 5 Odražený vodní paprsek a abrazivo | 10 Abrazivní tryska |

Obr. 2.12 Schéma řezného procesu vodním paprskem²³.

2.8.1 Enviromentální aspekty

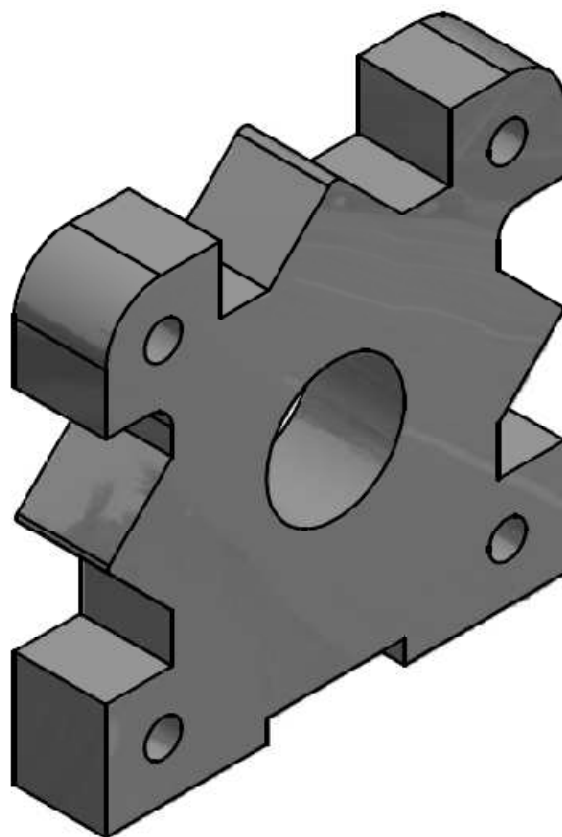
V zásadě platí, že při řezném procesu nedochází ke vzniku nebezpečných či škodlivých sloučenin. Tato problematika je popsána v kap. 3.5.2.

3 VÝROBA VZORKU

Pro podrobnější popis environmentálních aspektů byly vybrány čtyři metody, které představují v dnešní době hlavní zastoupení NMO v průmyslové výrobě. Jde o obrábění laserem, obrábění plazmou, drátové řezání a řezání abrazivním vodním paprskem.

3.1 Volba tvaru vzorku

Tvar vzorku byl volen s ohledem na výrobní možnosti jednotlivých metod. Na vzorku se vyskytují rádiusové, rovinné i kruhové plochy, aby bylo možné porovnat tvarovou přesnost jednotlivých metod (obr. 3.1). Výkres s rozměry je uveden v příloze 4.



Obr. 3.1 3D model vzorku - prizma

3.2 Použitý materiál

Pro výrobu vzorku byl použit plech z oceli S235JRG2 (11 375) o tloušťce 3 mm. Jedná se o konstrukční ocel vhodnou ke svařování součástí o střední tloušťce. Mez pevnosti je v rozmezí 350÷420 MPa. Materiálový list je uveden v příloze 5. Základní informace o chem. složení jsou v tab. 3.1.

Tab. 3.1 Chemické složení oceli S235JRG2 (11 375)⁴⁴.

Materiál	Chemické složení									
	C	Mn	Si	Cr	W	Ni	Cu	P	S	N
11 375	max. 0,17	-	-	-	-	-	-	max. 0,045	max. 0,045	max. 0,009

3.3 Řezání laserem

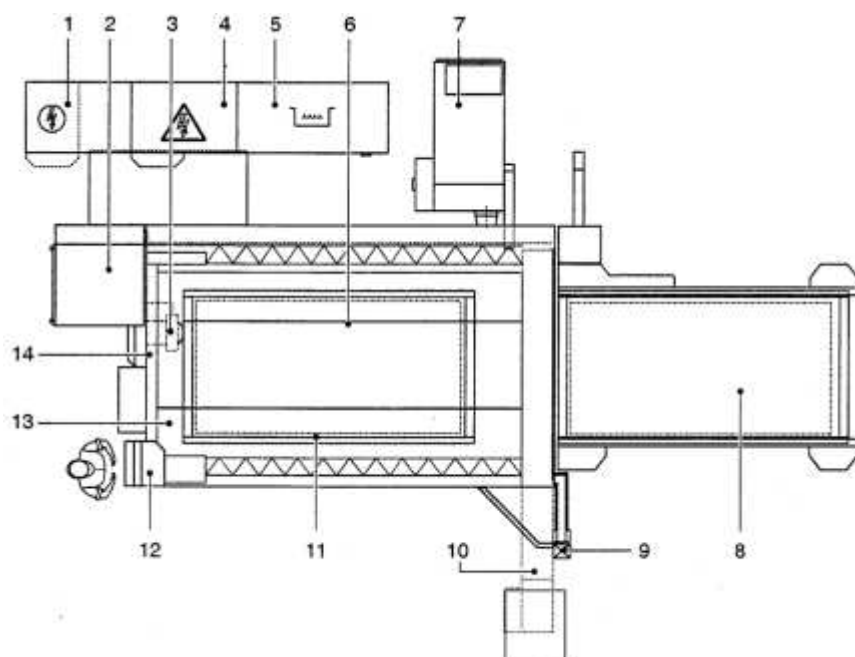
3.3.1 Použitý stroj

Pro výrobu zkušebního vzorku byl použit stroj Trumpf Trumatic L 3030 (zkráceně TC L 3030; obr. 3.2. a obr. 3.3), který je často v České Republice používán. Základní technické parametry jsou uvedeny v tab. 3.2.



Obr. 3.2. Laserový stroj TC L 3030⁵

Maximální rozměry výpalku jsou 1 500x3 000 mm. Tloušťky řezaných materiálů jsou pro ocel od 0,5÷20 mm, hliníkové slitiny od 0,5÷4 mm a korozivzdornou ocel od 0,5÷8 mm.



- | | |
|--|--|
| 1 Řídicí skříň s vysokofrekvenčním generátorem | 8 Výměník palet |
| 2 Laser TLF | 9 Inicializační sloupek pro výměník palet + automatizace |
| 3 Řezačka trubek TRUMPF RotoLas | 10 Příčný dopravní pás s odpadovým košem |
| 4 Skříňový rozvaděč | 11 Paleta |
| 5 Chladicí agregát | 12 Operátorský panel |
| 6 Podélný dopravní pás | 13 Základní stroj |
| 7 Kompaktní odprašovač | 14 Ochranná kabina s dveřmi |

Obr. 3.3. Konstrukční schéma stroje TC L 3030⁷

Tab. 3.2 Technické parametry laserového stroje⁷.

Stroj TC L 3030		Laser TLF	
Celková hmotnost	11 500 kg	Vlnová délka	10,6 μm
Pracovní oblast		Max. výstupní výkon	3 200 W
X	3 000 mm	Nastavitelný rozsah výkonu	150÷3 200 W
Y	1 500 mm	Stálost výkonu	$\pm 2 \%$
Z	115 mm	Průměr paprsku na výstupním okně	15 mm
Přejezdová oblast		Divergenční úhel	1.0 m·rad
X	-16÷88	Frekvence impulzu	100 Hz ÷ 100 kHz
Y	-19÷61	Šířka impulzu	od 10 μs
Z	-2÷16	Přesnost řezání	$\pm 0,05 \text{ mm}$
Spotřeba el. energie v pohotovostním režimu	23 kW		

3.3.2 Enviromentální aspekty

Při opracování kovových materiálů laserem se mohou tvořit tři základní skupiny nebezpečných látek:

- **prachy** (velikost průměru částic nad 1 μm),
- **aerosoly** (velikost průměru částic pod 1 μm , plyn-vzduch s jemnými pevnými nebo kapalnými částicemi),
- **plyny**.

Složení a četnost těchto emisních částic jsou závislé především na rychlosti řezání, tlaku řezného plynu a chemickém složení opracovávaného materiálu (příklady v tab. 3.3).

Tab. 3.3 Emisní hodnoty pro vybrané materiály⁷.

Materiál	Tloušťka plechu	Obsah emisí na délku řezu	Průměr 97% částic prachu a aerosolů je menší než 5,7 μm .
Konstrukční ocel	6 mm	440 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-1}$	
Pozinkovaný plech	6 mm	2 000 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-1}$	

Dle měření firmy TRUMPF byla na ovládacím panelu stroje zjištěna koncentrace prachu a aerosolů menší než 0,1 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$, přičemž maximální hodnoty koncentrace na pracovišti (MAK) platné v Německu jsou pro prach 6 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ a hodnoty technických směrných koncentrací (TRK = Technische Richtkonzentrations) pro karcinogenní látky (např. chromáty) 0,1 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Při opracování plechů ošetřených řezacími oleji může docházet k uvolňování aldehydů a uhlovodíků. Pokud řezací olej obsahuje aminosloučeniny, mohou se teoreticky vytvářet nitrosaminy. Jsou to silně karcinogenní látky, které se ale vyskytují i v potravinách jako je uzené maso, sýr, ryby a jiné⁹. Při opakovaných měřeních při výrobě laserem ale jejich přítomnost zjištěna nebyla. Naměřené prvky jsou uvedeny v tab. 3.4.

Tab. 3.4 Hodnoty naměřených prvků při výrobě⁷.

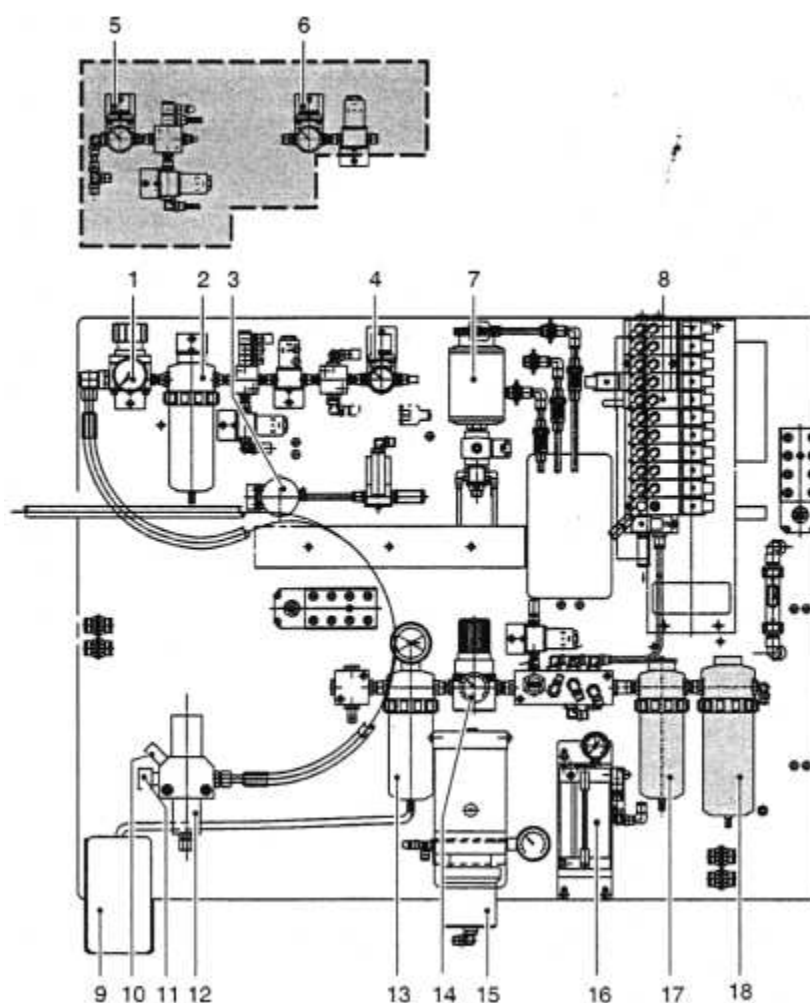
Prvek	Pozinkovaný ocelový plech [mg·m ⁻³]	Slitiny hliníku [mg·m ⁻³]	Hodnota MAK [mg·m ⁻³]	Poznámka
Acetaldehyd CH ₃ CHO	0,007	0,005	90	štiplavý zápach
Aceton C ₃ H ₆ O	0,111	0,204	2 400	dráždivý, hořlavý
Butanol C ₄ H ₉ OH	0,334	0,022	300	jedovatý
Butylacetát C ₆ H ₁₂ O ₂	0,081	0,007	950	dráždivý, hořlavý
Dekan C ₁₀ H ₂₂	0,060	0,004	-	vysoce hořlavý
Ethylacetát C ₄ H ₈ O ₂	0,237	0,002	1 400	dráždivý, hořlavý
Ethylbenzol C ₈ H ₁₀	0,034	0,004	440	dráždivý, hořlavý
Formaldehyd CH ₂ O	0,021	0,013	0,6	jedovatý
Uhlovodíky souhrnně	2,600	1,875	-	
Toluol C ₇ H ₈	0,057	0,120	380	dráždivý, hořlavý
Xylol C ₈ H ₁₀	0,113	0,013	440	vysoce hořlavý

K dalšímu možnému ohrožení lidského zdraví může dojít vlivem tepelného rozkladu čoček. Tyto čočky jsou vyrobeny ze selenidu zinečnatého (ZnSe) a na stroji jsou umístěny ve sběrných zrcátkách a v řezací hlavě. K jejich tepelnému rozkladu dochází absorbováním laserového záření, toto je způsobeno např. znečištěním nebo výpalky na čočce. Takto poškozená čočka by neměla být dále používána, může dojít právě k tepelnému rozkladu, ale může být ovlivněna i přesností výroby. Při jejím rozkladu (hoření) vznikají prvky uvedené v tab. 3.5. Tento proces je při výrobě doprovázen zřetelně sytým žlutým kouřem vycházejícím z řezací hlavy. V tomto případě musí obsluha okamžitě zastavit stroj a opustit pracovní prostor.

Tab. 3.5 Produkty tepelného rozkladu optické laserové čočky⁷.

Prvek	Možné nebezpečí
Oxid zinečnatý (ZnO)	Výbušný (při spalování uvolňuje kyslík)
Hydráty zinku	
Selen (Se)	Jedovatý, silně dráždí nosní a oční sliznice
Oxidy selenu	
Selenovodík (H ₂ Se)	Jedovatý hořlavý zapáchající plyn
Thorium (Th)	Radioaktivní, zabránit vdechnutí par a kontaktu

Stroj je opatřen dvěma okruhy filtračního systému (obr. 3.4). Jeden pro chladicí vodu a druhý pro odvod směsi výparů z místa řezu až do filtrační jednotky a sběrné nádoby (obr. 3.8).



- | | | |
|-------------------|--|---|
| 1 Redukční ventil | 7 Elektrická olejová maznice řetězu | 13 Filtr pro stlačený vzduch |
| 2 Filtr | 8 Ventilový blok | 14 Redukční ventil pro provozní tlak |
| 3 Tlakový senzor | 9 Kontejner pro vypouštění kondenzátoru | 15 Jednolistové čerpadlo a nádrž s polotekutým mazivem centrálního mazání |
| 4 Redukční ventil | 10 Proplachovací ventil | 16 Nádrž olejového rozstřikovacího zařízení |
| 5 Redukční ventil | 11 Pojistný ventil | 17 Předfiltr |
| 6 Redukční ventil | 12 Filtr řezacího plynu (O ₂ a N ₂) | 18 Filtr s aktivním uhlím |

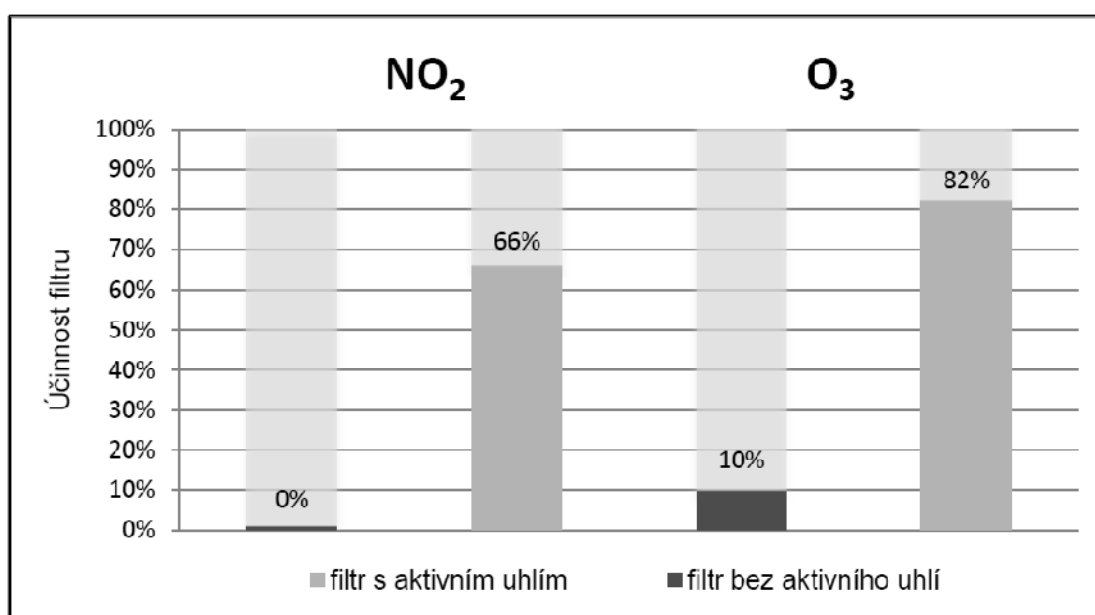
Obr. 3.4 Schéma filtračního okruhu⁷

Při filtraci chladicí vody a odsátého vzduchu z místa řezu se používají mimo jiné i tzv. filtry s aktivním uhlím (obr. 3.5 a obr. 3.6). Aktivní uhlí je produkt vyráběný z uhlí, dřeva nebo kokosových ořechů a má pórovitou strukturu a velký vnitřní povrch ($400 \div 1\,500 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$). Filtry mohou zachytávat toxické páry a plyny, ozon, benzen, volný chlór, chloramin, oxid chloričitý, fenoly, organická rozpouštědla a pesticidy¹⁰. Tyto látky jsou poutány k vnitřnímu povrchu aktivního uhlí, toto se nazývá adsorpce. Po vyčerpání adsorpčního povrchu je možno procesem reaktivace odstranit z vnitřního povrchu aktivního uhlí zachycené látky. Tím vznikne znovu použitelná a plnohodnotná surovina. Reaktivace se provádí v rotační peci, která umožňuje provést desorpci zachycených škodlivých látek z nasyceného

aktivního uhlí, tepelným účinkem spalin koksárenského plynu a vodní páry při postupném nárůstu teploty z 200°C na 850°C a doba zadržení 30 min. Filtrace přes aktivní uhlí má rozsáhlé použití v průmyslu, v pivovarech, ve vodárnách, při úpravě odpadních vod a vzduchotechnice¹¹. Graf účinnosti těchto filtrů je zobrazen na obr. 3.7.



Obr. 3.5 Vodní filtry s aktivním uhlím

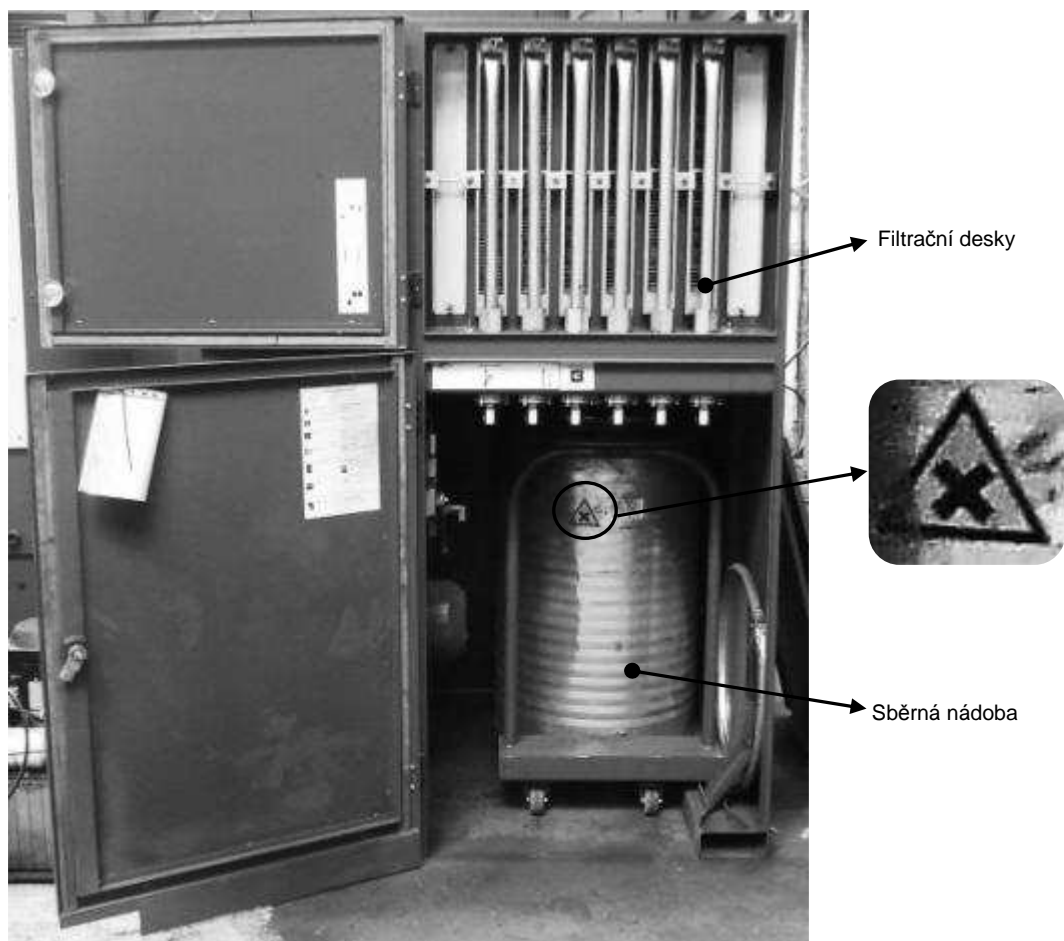
Obr. 3.6 Rozebraný vodní filtr¹⁶Obr. 3.7 Graf účinnosti různých druhů filtrů¹²

Odvětrávací a filtrační zařízení stroje TC L 3030 je připojeno na pracovní rošt tohoto stroje, kdy jsou při pohybu ramene s laserovou hlavou otvírány jednotlivé větrací klapky na roštu. Tím je docíleno odsávání v místě řezu, kde se právě nachází laserová hlava. Emise jsou vedeny vzduchovým potrubím k filtrační jednotce (obr. 3.8). Její základní technické parametry jsou uvedeny v tab. 3.6. Obsahuje několikastupňový komorový filtrační systém pro zachytávání prachových částic, aerosolů a jiných vzduchových nečistot. První stupeň filtrace tvoří filtry třídy G3(EU3) - G4(EU4) a druhý stupeň filtry F5(EU5) - F9(EU9) dle ČSN EN 779. Pro zachytávání aerosolů slouží tzv.

filtry HEPA dle ČSN EN 1822. Většina zachycených prachových částic poté tlakovými rázy proudění vzduchu volně padá do sběrné nádoby, která je zobrazena na obr. 3.8.

Tab. 3.6 Technické parametry filtračního zařízení.

Plocha filtru:	30 m ²	Napětí:	400 V	Pracovní tlak: 3 550 Pa
Sací výkon:	1 800 m ³ ·h ⁻¹	Frekvence motoru:	50 Hz	



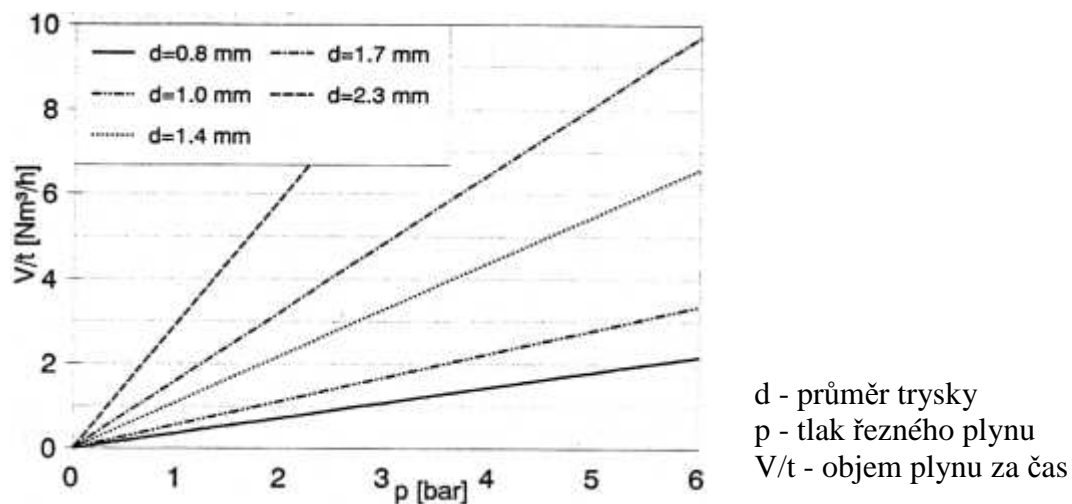
Obr. 3.8 Filtrační jednotka laserového stroje

3.3.3 Zjištěné hodnoty při výrobě

Tab. 3.7 Zjištěné hodnoty při výrobě vzorku.

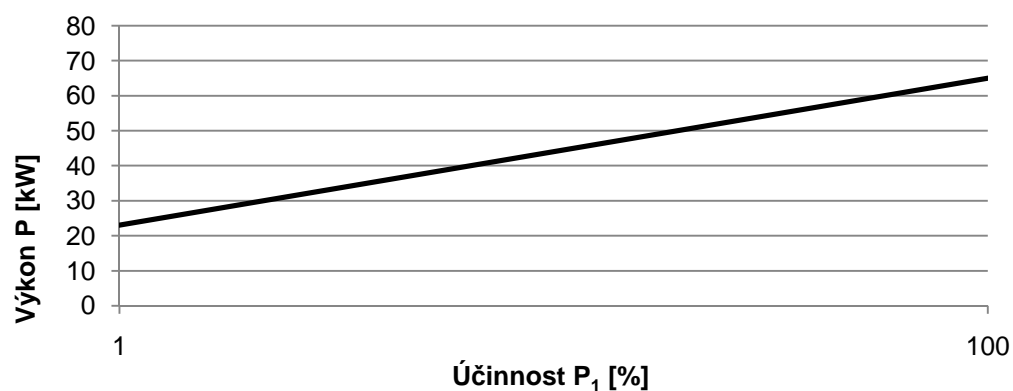
Strojní čas	16 s
Celková délka řezu	733,298 mm
Prořez	94,30%
Hmotnost	0,173 kg
Počet vpichovacích bodů	6
Průměr trysky	0,8 mm
Průměrná rychlost posuvu	8 500 mm·min ⁻¹
Spotřeba el. energie	~0,25 kW
Spotřeba plynu CO ₂	0,017 l

Spotřebu plynu nebylo možné přesně změřit, zjištěný údaj je jen orientační a vychází ze statistických údajů firmy a z grafu na obr. 3.9. Spotřeba řezného plynu závisí na průměru trysky, tlaku plynu a době řezání.



Obr. 3.9 Graf maximální spotřeby plynu⁷

Spotřeba elektřiny je odvozena z grafu spotřeby na obr. 3.10.



Obr. 3.10 Graf spotřeby el. energie pro použitý laserový stroj⁷

3.4 Řezání plazmou

3.4.1 Použitý stroj

Pro výrobu vzorku touto metodou byl použit plazmový pálicí stroj Pierce RUR 2 500 Plazma s jedním hořákem. Na obr. 3.11 je uveden stejný typ stroje ale se třemi hořáky. Základní technické údaje jsou uvedeny v tab. 3.8. Pracovní stoly jsou dodávány samostatně a na trhu jsou dostupné různé typy s možností přímého vnitřního odsávání i bez odsávání spalin. Použitý stroj byl vybaven stolem s přímým vnitřním odsáváním, který je zobrazen na obr. 3.12.



Obr. 3.11 Tří hořákový plazmový stroj RUR 2500²¹



Obr. 3.12 Použitý plazmový stroj s pracovním roštěm

Tab. 3.8 Technické parametry plazmového stroje²¹.

Stroj RUR 2500		Plazma HPR 13022	
Max. řezná rychlost	12 000 mm·min ⁻¹	Napájecí napětí	230 V/ 50 Hz
Max. počet hořáků	4 ks	Max. výstupní proud	130 A
Max. tloušťka mat.	200 mm	Výstupní napětí	50 ÷ 150 V
Pracovní rošt		Koeficient využití	100 %
šířka	2 200 mm	Příkon	42 kW
délka	5 000 mm	Tlak plynu	8 bar (115 psi)
výška	700 mm	Plazmové plyny	O ₂
Rozměry stroje			N ₂
			vzduch
			F5 (95% N ₂ + 5% H)
šířka	3 340 mm	Ochranné plyny	H35 (35% H+ 65% Ar)
délka	1 020 mm		N ₂ , O ₂ , vzduch
výška	1 700 mm	Hmotnost transformátoru	317,5 kg
Napájecí napětí	230 V/ 50 Hz		

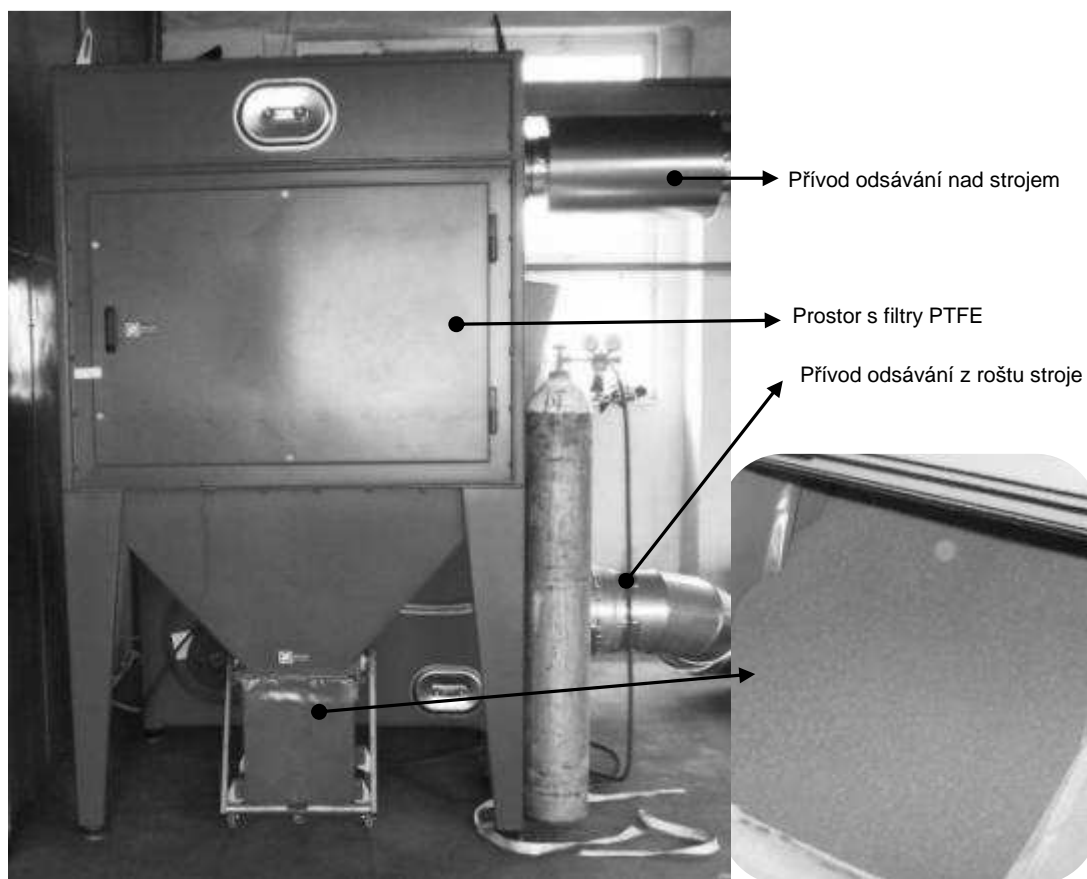
3.4.2 Enviromentální aspekty

Při obrábění plazmou vznikají různé nečistoty a sloučeniny v podobě prachů, aerosolů nebo plynných sloučenin, UV záření a značný hluk, kvůli kterým je nutno používat ochranné pomůcky. Na pracovišti nesmí být překročeny maximální hodnoty chemických prvků uvedených v příloze 1.

Tento plazmový pálicí stroj je vybaven odsáváním přímo v pracovním roštu stroje, podobně jako tomu bylo u laserového řezacího stroje Trumf v předchozí kapitole, i odsáváním vzduchu z okolí pracoviště. Filtrační zařízení (obr. 3.13) slouží k odloučení tuhých emisí vznikajících při termickém dělení materiálu plazmou¹⁷. Je instalováno v blízkosti stroje a odsávané emise jsou do něj vedeny vzduchovým potrubím, jeho základní technické parametry jsou uvedeny v tab. 3.9. Odsávání probíhá tam, kde se právě nachází plazmová řezací hlava, protože pohybující se rameno otvírá jednoduchým mechanismem odsávací klapky ve spodní části roštu. Odsávání vzduchu z okolí pracoviště je zajištěno ventilačním potrubím umístěným nad strojem.

Tab. 3.9 Technické parametry filtračního zařízení.

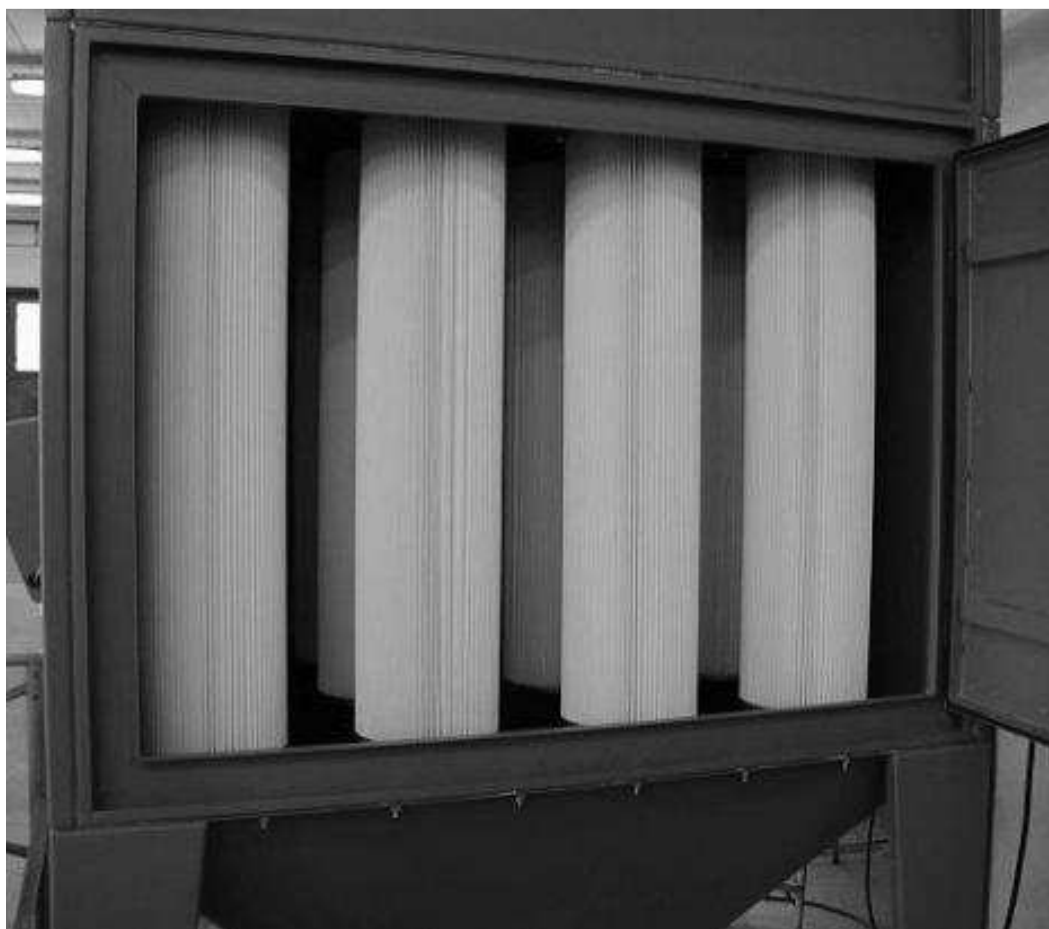
Plocha filtru:	80 m ²	Napětí:	400 V	Pracovní tlak:	3 400 Pa
Sací výkon:	4 680 m ³ ·h ⁻¹	Frekvence motoru:	50 Hz		



Obr. 3.13 Filtrační zařízení plazmového pálicího stroje

Toto zařízení využívá dvou stupňový filtrační systém. Prachem nasycený vzduch je přiveden do předodlučovací sekce, kde vlivem gravitační předfiltrace dochází k odloučení hrubých nečistot. Dále správným usměrněním a zpomalením rychlosti proudu prochází znečištěný vzduch skrz filtrační médium, kde metodou povrchové filtrace dochází k odloučení zbytkových nečistot. Následně proudí přefiltrovaný vzduch přes integrovaný ventilátor a integrovaný tlumič hluku na výstup filtru. Aby filtrace mohla pracovat nepřetržitě, musí být filtrační patrony regenerovány protiproudem tlakového vzduchu. Tlakový ráz vzduchu zajistí porušení a od fouknutí vně usazené vrstvy prachu¹⁸. Ta následně samovolně padá do sběrné nádoby. Strukturu odfiltrovaných nečistot je možno přirovnat k zrnům instantní kávy (detail na obr. 3.13).

Hlavní část filtračního procesu zajišťují filtračními patrony s PTFE membránou (obr. 3.14). PTFE neboli PolyTetraFluorEtylen (pod obchodním názvem teflon), patří mezi termoplasty s vlastnostmi podobnými reaktoplastům, je nanášen na textilní vlákno nebo filtrační polyester, čímž vzniká účinný použitý filtr¹⁹. PTFE filtry jsou schopny zachytit mikronové pevné částice, na jejichž povrchu jsou nejen organické látky ale i kovy²⁰.

Obr. 3.14 Detail filtračního zařízení - filtry PTFE¹⁸

3.4.3 Zjištěné hodnoty při výrobě

Tab. 3.10 Zjištěné hodnoty při výrobě vzorku.

Strojní čas	54 s
Celková délka řezu	733,298 mm
Hmotnost	0,173 kg
Počet vpichovacích bodů	6
Průměr plazmové trysky (paprsku)	3 mm
Průměrná rychlost posuvu	6 505 mm·min ⁻¹
Spotřeba el. energie	0,7 kW
Spotřeba plynu O ₂	9,2 l

3.5 Výroba drátovým řezáním

3.5.1 Použitý stroj

Pro výrobu drátovým řezáním byla použita elektroerozivní drátová řezačka SODICK 537L s lineárními pohony (obr. 3.15). Základní technické parametry jsou uvedeny v tab. 3.11.



Obr. 3.15 Drátová řezačka SODICK 537L³¹

Tab. 3.11 Technické parametry drátového stroje²⁸.

Pohyb v ose X/Y	550x350 mm
Pohyb v ose U/V	80 x 80 mm
Pohyb v ose	300 mm
Max. rozměry obrobku	750 x 500 x 270 mm
Max. váha obrobku	680 kg
Počet řízených os	5
Průměr drátu	0,15÷0,3 mm
Napnutí drátu	3÷23 N
Max. rychlost drátu	420 mm·s ⁻¹
Max. úhel řezu při výšce 80 mm	± 20°
Spotřeba el. energie v pohotovostním režimu	10 kW

3.5.2 Enviromentální aspekty

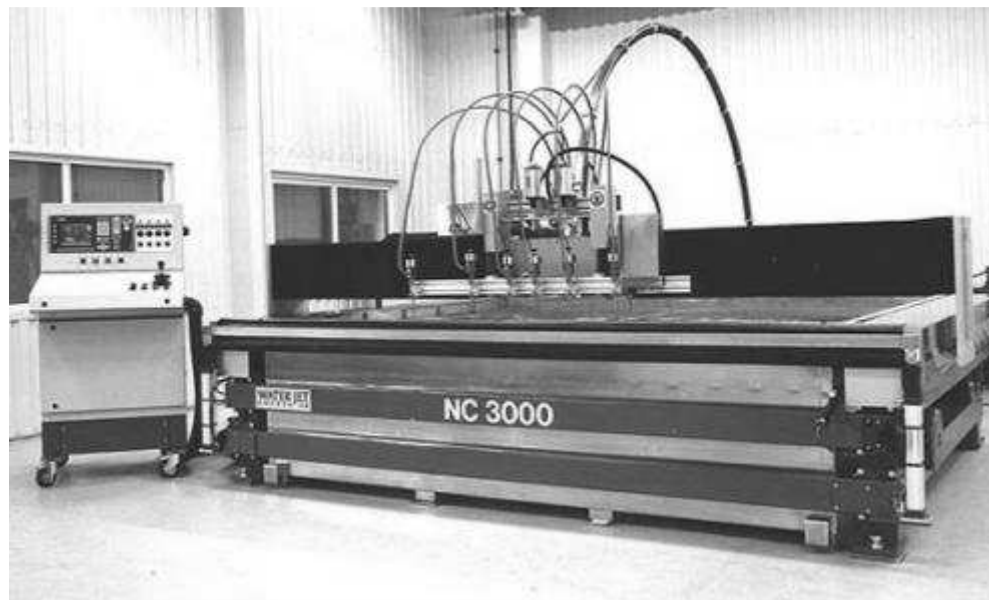
Celý proces obrábění se děje v dielektrikem zaplavené pracovní komoře. Jako dielektrikum je v tomto stroji použita destilovaná deionizovaná voda. Destilovaná voda prochází přes mechanické filtry (papírové), které zachycují drobné částice vznikající při obrábění, a filtry s aktivním uhlím, které pohlcují chemické látky a sloučeniny.

Deionizace (demineralizace) je proces odstraňování nabitých částic (iontů) z vody iontovou výměnou, která se uskutečňuje pomocí iontoměníčů (obr. 3.16). Tyto iontoměníče (obecně ionexové pryskyřice), katexy a anexy, mají schopnost zachytit ionty prvků přítomných ve vodě a vyměňovat je za vodíkové a hydroxilové ionty. Katexy odstraňují kationty a anexy anionty

3.6 Výroba vodním paprskem

3.6.1 Použitý stroj

Pro výrobu byl použit švédský stroj NC 3000 (obr. 3.17), jehož základní technické parametry jsou uvedeny v tab. 3.13.



Obr. 3.17 Stroj na řezání vodním paprskem NC 3000¹⁵

Tab. 3.13 Technické parametry stroje řezacího vodním paprskem¹⁵.

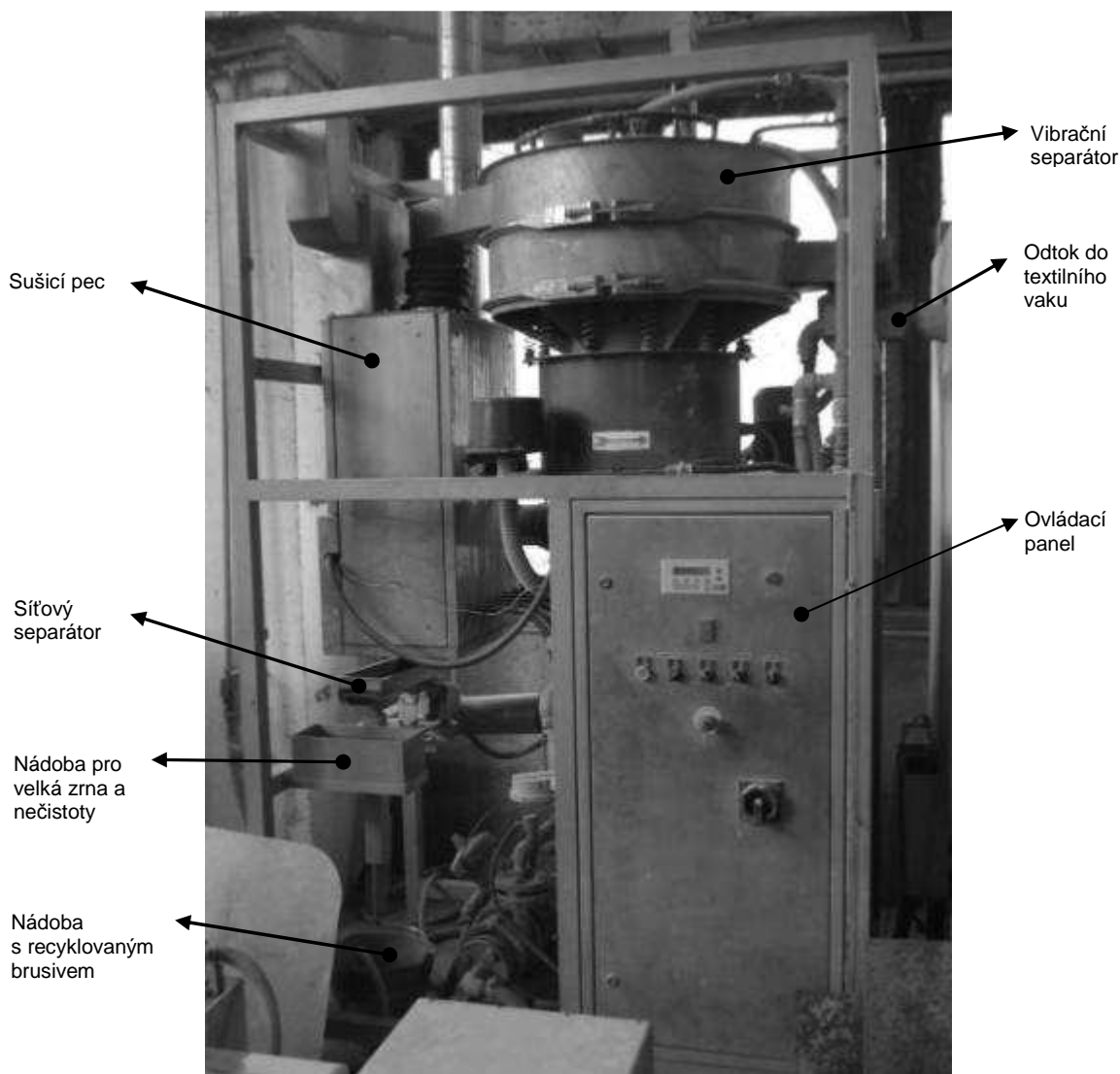
Max. rozměr řezaného materiálu (š x d)	3 100 x 2 550 mm
Pohyb v ose Y	2 050 mm
Pohyb v ose X	2 510 mm
Pohyb v ose Z (výška)	175 mm
Polohovací přesnost	±0,1 mm na 1 000 mm
Opakovaná přesnost	±0,05 mm
Posuvová rychlost v ose X a Y	12 000 mm·min ⁻¹
Posuvová rychlost v ose Z	4 000 mm·min ⁻¹
Max. tlak vody	360 MPa
Příkon vysokotlakého čerpadla	75 kW
Příkon pracovního CNC stolu	3 kW

3.6.2 Enviromentální aspekty

Během výroby vzorku řezáním vodním paprskem nedocházelo v místě řezu ke vzniku jiných sloučenin než vodní páry a obroušeného materiálu smíchaného s vodou. Nevznikalo tedy prašné prostředí.

Použitá voda je zkalena jemnými částicemi obráběného materiálu a spolu s brusivem je čerpána pneumatickými čerpadly z pracovního stolu stroje do filtrační jednotky zobrazené na obr. 3.18. Dle laboratorních rozborů firmy AQUAdem je brusivo znovu plně použitelné. Dokonce dosahuje lepších řezných vlastností, protože při jeho použití dochází ke znásobení řezných hran vlivem odlamování částic abraziva místo jeho otupení. Odsátá voda s nečistotami je přivedena do vibračního separátoru (obr. 3.19), kde dochází

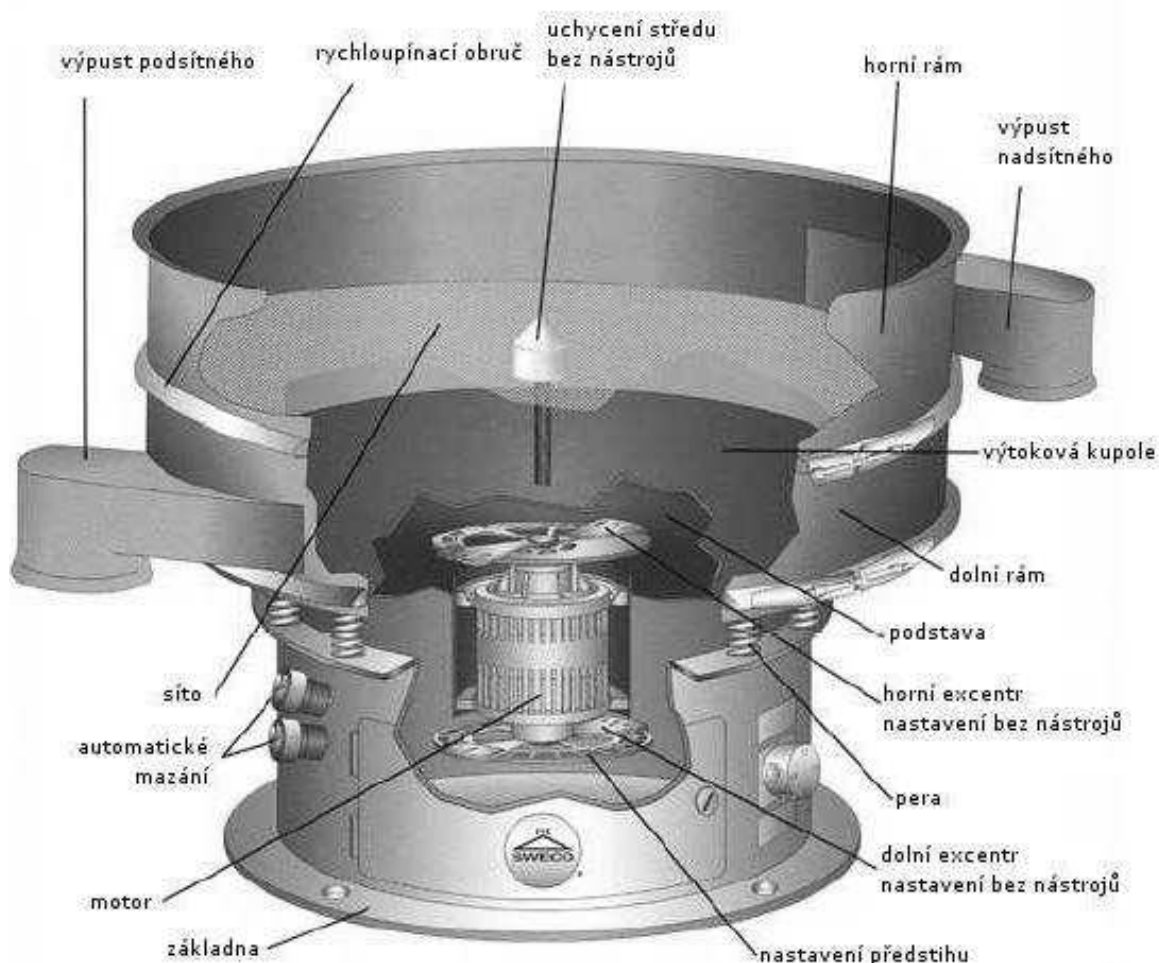
k oddělení kalu a vody od abraziva. Voda s kalem je vedena do textilních vaků, kde se kal usazuje a voda je čerpána zpět do pracovního stolu. Přes síto propadá abrazivo do pece, kde dochází při vysokých teplotách k jeho sušení. Poté prochází znovu přes síťový separátor, které v konečné fázi oddělí zrna abraziva s požadovanými rozměry do zásobníku, velká zrna a jiné nečistoty jsou též vedeny do vlastního zásobníku. Po každém recyklačním cyklu lze znovu použít až 70 % recyklátu. Základní technické parametry filtračního zařízení jsou uvedeny v tab. 3.14.



Obr. 3.18 Filtrační jednotka pro použité abrazivo

Tab. 3.14 Technické parametry filtračního zařízení⁶.

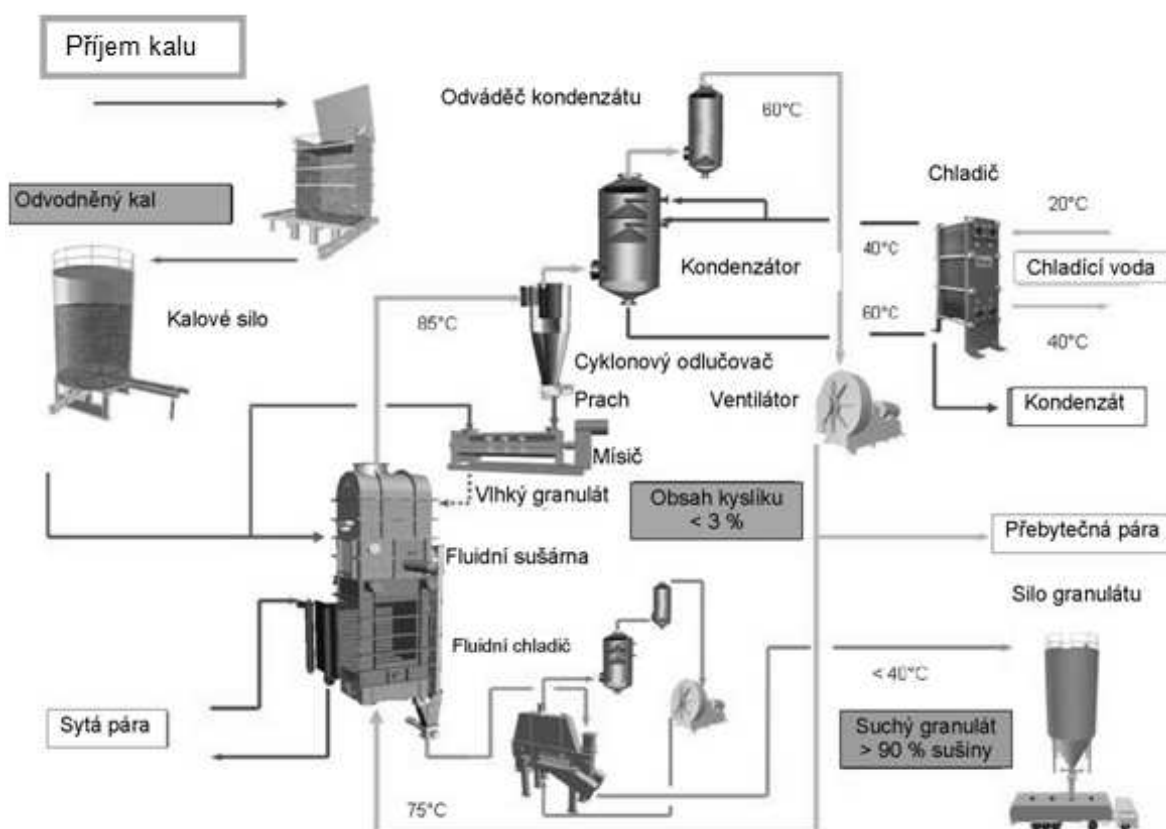
Příkon stroje	24 kW
Spotřeba vody	4 l·min ⁻¹
Spotřeba vzduchu	35 m ³ ·hod ⁻¹
Výkon	75 kg recyklátu·hod ⁻¹
Hmotnost	1 200 kg
Rozměry	2 560 x 1 000 x 2 400 mm

Obr. 3.19 Vibrační separátor²⁷

Kalové textilní vaky jsou po naplnění vyváženy na řízené skládky popřípadě do spaloven nebo využity v zemědělství či průmyslu. Zpracování a likvidace kalů jsou stále důležitějšími obory, protože v současnosti vzniká velké množství průmyslových i komunálních odpadů a ukládání kalů je stále nákladnější nebo je nutné investovat do jeho dalšího zpracování. Vlivem neefektivního zpracování kalů se zhoršuje kvalita podzemních vod v oblasti skládek. Nové metody elektrokinetického odvodňování kalů zmenšují riziko znečištění podzemních vod a kontaminace půdy. Dříve bylo možné dosáhnout potřebné suchosti kalu (podílu pevných částic na celkové hmotě) 15 až 35 % pouze tepelným zpracováním, které je energeticky náročné. I když byly objeveny účinnější a progresivnější metody sušení, stále je používáno mnoho jiných systémů pro sušení kalů, jako např. fluidní sušení (obr. 3.20), pásové, diskové či bubnové sušení kalu.

Elektrokinetické odvodňování se skládá ze tří fází. V první je na kal vyvíjen vysoký tlak, čímž dochází k odtoku přebytečné vody vazané s jeho částicemi. Druhá je řízena principem elektrokoagulace, kdy jsou v molekulách vody elektrochemickým působením vytvářeny sloučeniny, které na sebe vážou právě další molekuly vody a jiných stopových prvků

obsažených v kalu. Ve třetí fázi je využíváno elektroosmózy, která se též využívá pro vysoušení vlhkého zdiva, kdy jsou vlivem rozdílných potenciálů katody a anody způsobeny přesuny molekul vody k jedné z nich. Dochází tak k odvodnění a ke zmenšení objemu kalu, což výrazně snižuje náklady na likvidaci, dopravu a ukládání na skládkách. Zároveň je kal při tomto zpracování i dekontaminován, proto je možné vhodné druhy kalů využívat v zemědělství jako hnojiva.



Obr. 3.20 Schéma fluidního sušícího procesu⁴².

3.6.3 Zjištěné hodnoty při výrobě

Tab. 3.15 Zjištěné hodnoty při výrobě vzorku.

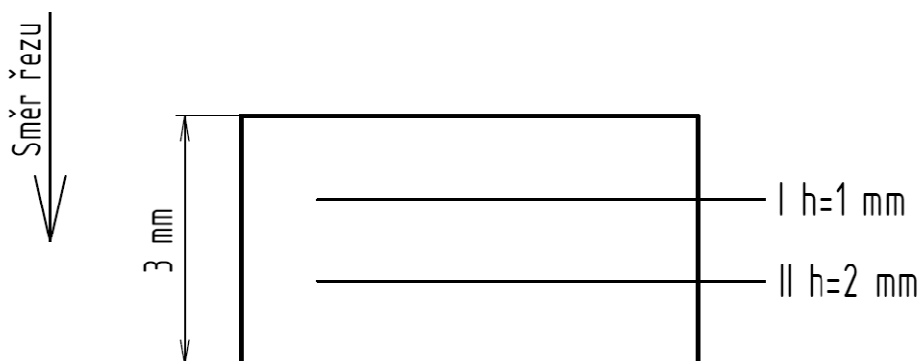
Strojní čas	3 min 4 s
Celková délka řezu	730,72 mm
Hmotnost	0,173 kg
Počet vpichovacích bodů	6
Průměr vodní trysky	0,254 mm
Průměr vodního paprsku	0,762 mm
Průměrná rychlost posuvu	226,47 mm·min ⁻¹
Přibližná spotřeba el. energie	3,9 kW
Průměrná spotřeba abraziva GMA GARNET 80	300 g·min ⁻¹
Pracovní tlak vody	360 MPa
Celková spotřeba abraziva GMA GARNET 80	918 g

4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

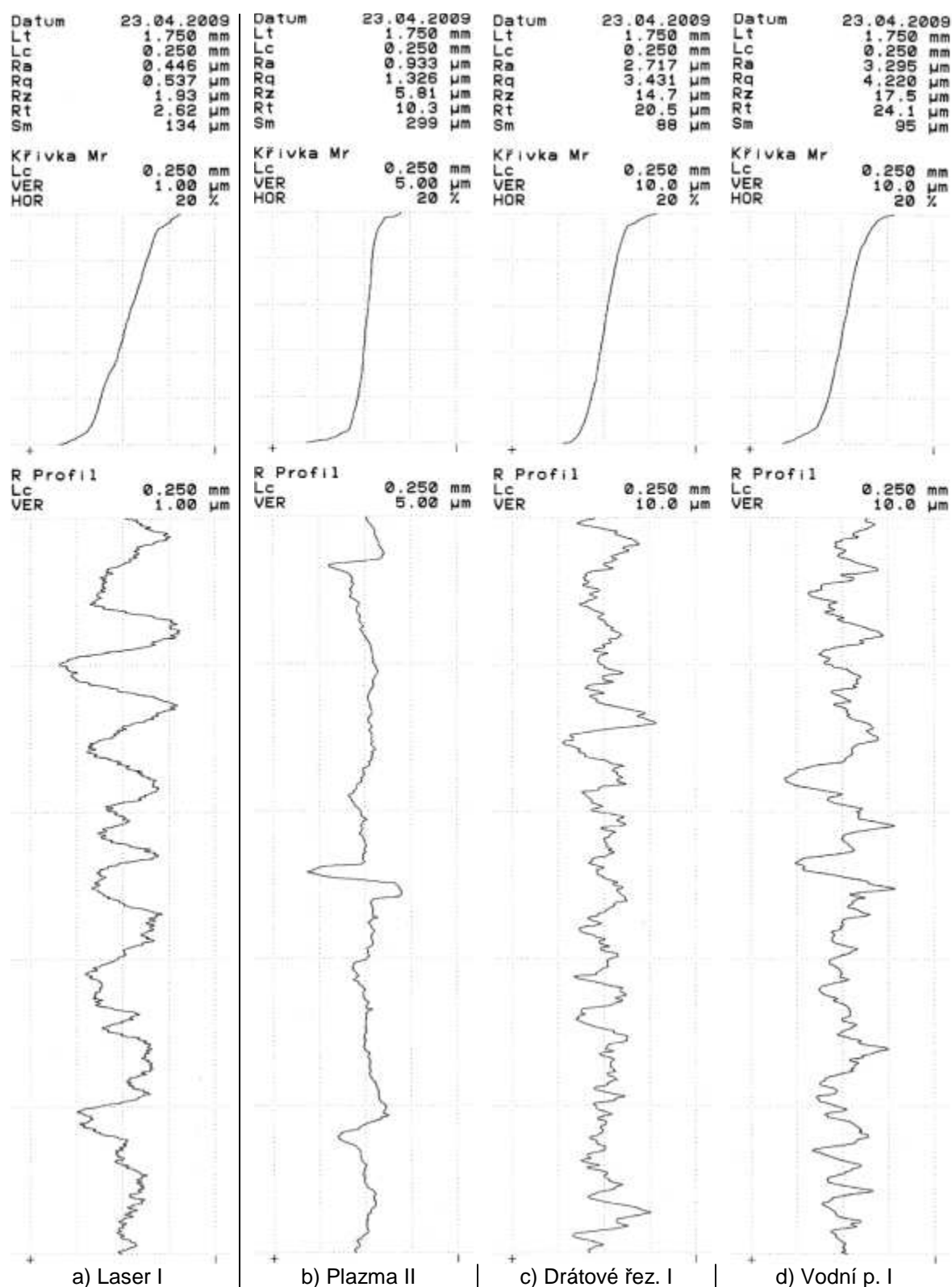
Pro celkové zhodnocení a porovnání jednotlivých metod při výrobě vzorku byly zvoleny společné charakteristické parametry, uvedené v tab.4.1. Byla provedena měření struktury povrchu, principem uvedeným na obr. 4.1, jejíž výsledky jsou uvedeny v tab. 4.1 a na obr. 4.2. První měření bylo provedeno 1 mm od horní hrany vzorku a druhé ve vzdálenosti 2 mm. Náklady na 1 m řezu jsou uvedeny v tab. 4.2 a na obr. 4.2.

Tab. 4.1 Srovnání parametrů jednotlivých metod.

		Laser	Plazma	Drátové řezání	Vodní paprsek
Výrobní strojní čas [min:s]		00:16	00:54	59:52	03:04
Cena stanovená firmou pro tloušťku materiálu 3 mm [Kč za kus]		17	51,80	1 000	36,60
Cena stanovená firmou pro tloušťku materiálu 20 mm [Kč za kus]		78	62,40	1 500	405
Průměrná rychlost posuvu [mm·min ⁻¹]		8 500	6 505	11,60	226,47
První měření I	Ra	0,446	0,793	2,717	3,295
	Rz	1,93	4,20	14,7	17,5
Druhé měření II	Ra	1,105	0,933	3,31	2,856
	Rz	5,74	5,81	15,6	16,3
Spotřeba pracovního média		0,017 l CO ₂	9,2 l O ₂	599 m CuZn drátu	918 g abraziva
Spotřeba el. energie [kW]		0,25 kW	0,70 kW	10 kW	3,90 kW
Náklady na pořízení stroje* [Kč]		15 mil.	3,5 mil.	7 mil.	3 mil.
* Jedná se o přibližnou pořizovací cenu stroje, na němž byl vyráběn vzorek.					

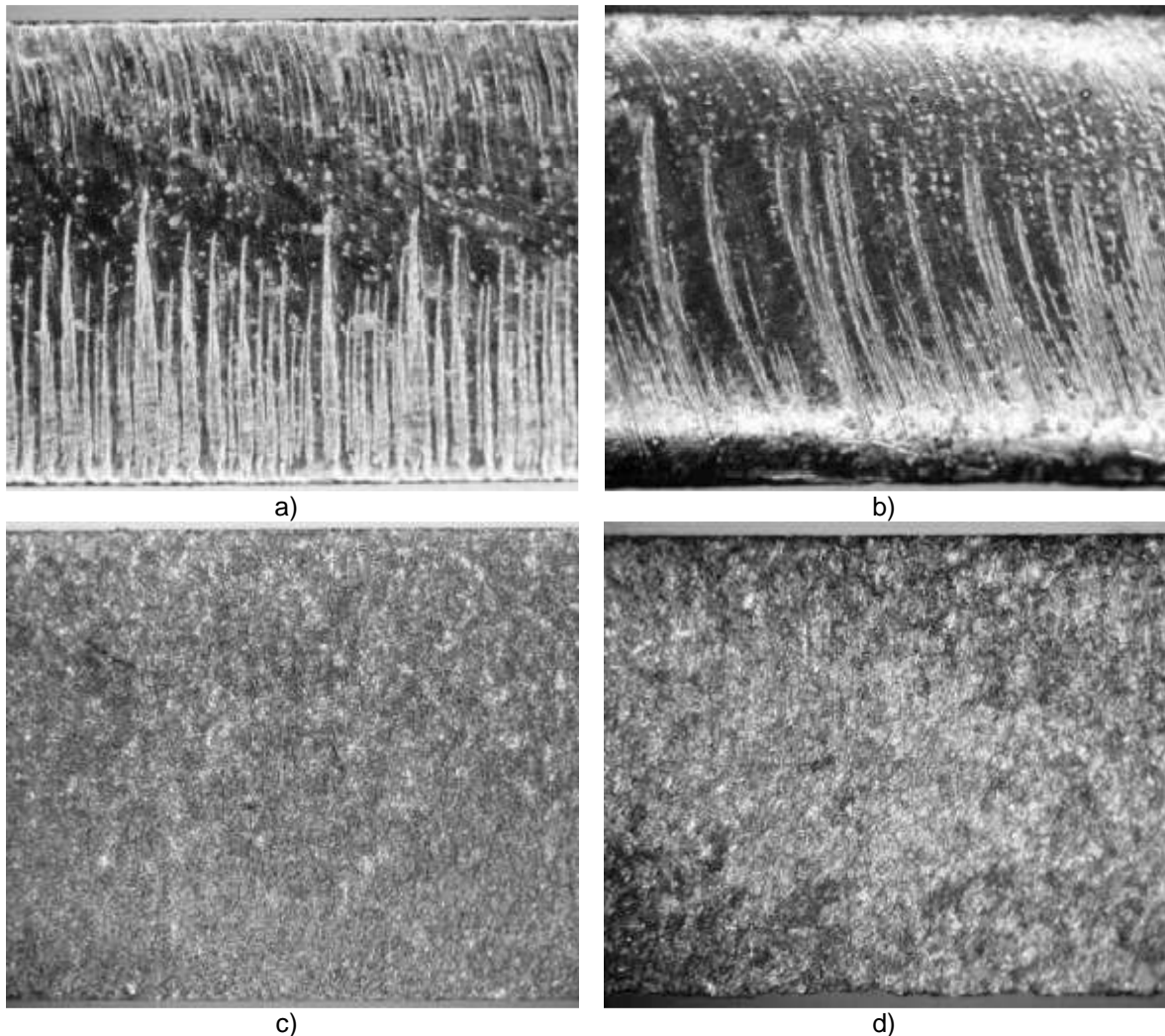


Obr. 4.1 Schéma měření tvrdosti na vzorku



Obr. 4.2 Hodnoty a charakter povrchu

Nízké hodnoty R_a naměřené na vzorcích vyrobených laserem a plazmou souvisí s počátečním roztavením materiálu a jeho následným tuhnutím, kdy se vytváří hladký, až „zrcadlový“ povrch. Vzhled řezných ploch je uveden na obr. 4.3.



a) řezání laserem, b) řezání plazmou, c) drátové řezání, d) řezání vodním paprskem

Obr. 4.3 Řezné plochy vzorků

Nejkratšího strojního času bylo dosaženo při obrábění laserem, zároveň při nejnižších nákladech na výrobu jednoho kusu a relativně nízké spotřebě elektrické energie, viz tab. 4.1.

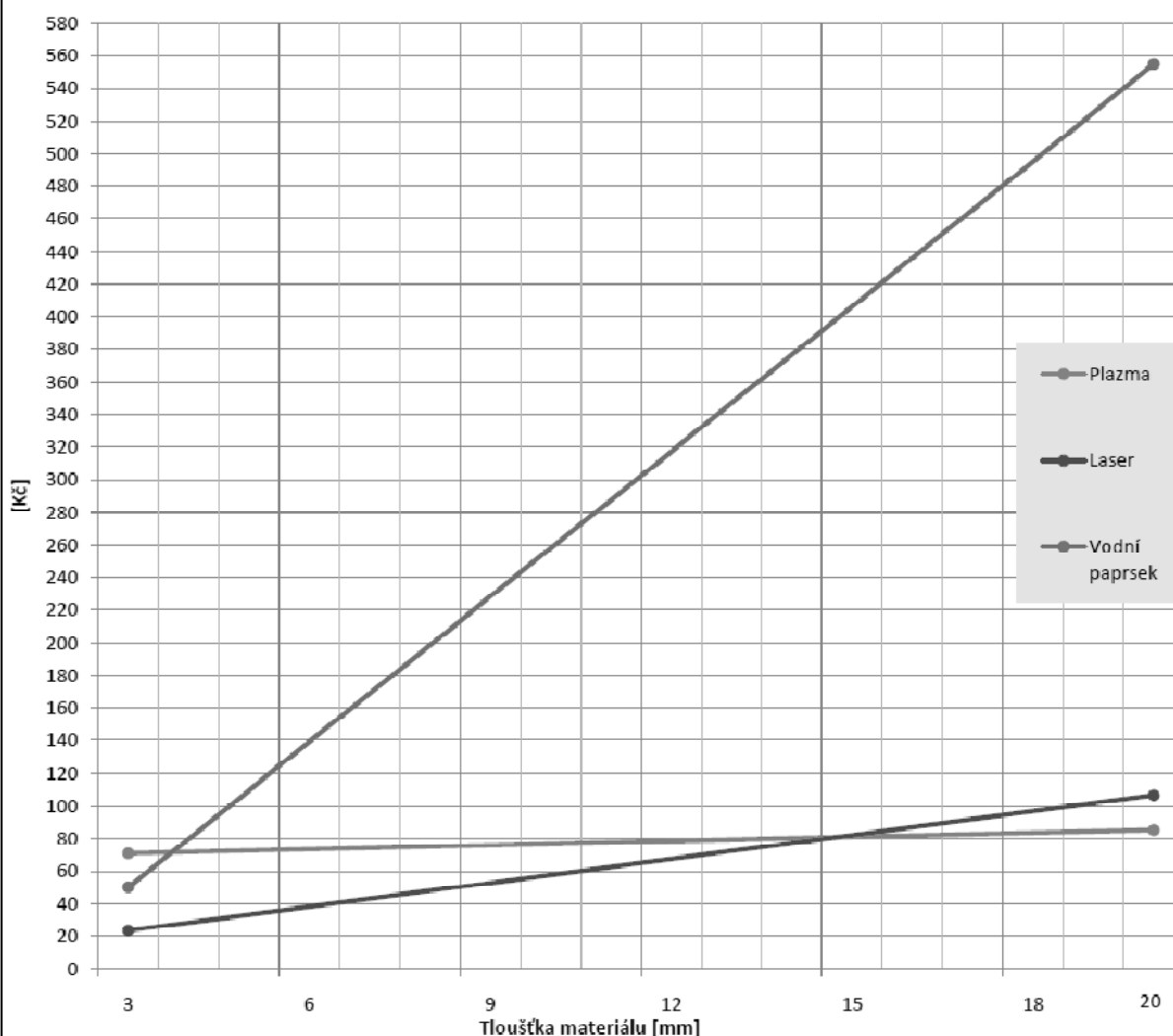
Použití plazmy pro řezání oceli je výhodnější pro větší tloušťky materiálu, zároveň nedochází k tak rapidnímu zvýšení nákladů na výrobu jednoho kusu oproti malým tloušťkám. Při použití těchto dvou metod však dochází k tepelnému ovlivnění materiálu, hlavně v případě plazmy. Řezání drátovou elektrodou materiál tepelně téměř neovlivňuje a při řezání vodním paprskem nedochází k žádnému tepelnému ovlivnění.

Řezání drátovou elektrodou je vhodné použít pro šikmé řezy a složité tvary těžkoobrobitelných materiálů. Produktivita této metody při řezání je velice malá, avšak lze vyrobit geometricky velice přesné součásti s vysokou jakostí povrchu. Náklady na výrobu vzorku jsou přibližně šedesát krát vyšší než u laseru. Zároveň je však použití omezeno jen na vodivé materiály.

Vodním paprskem lze řezat i nevodivé materiály, jako papír či folie. V tomto směru je tato metoda opravdu unikátní. Navíc při řezání čistým vodním paprskem tvoří náklady na provoz stroje jen spotřebovaná el. energie CNC stolu a vysokotlakého vodního čerpadla. Ta je ovšem ze všech porovnávaných metod nejvyšší. Při větších tloušťkách řezaných materiálů však dochází ke značnému poklesu řezné rychlosti a jakosti obrobenej plochy (v případě tuhých materiálů - např. ocel).

Tab. 4.2 Náklady na 1 m řezu.

Náklady na 1 m řezu u materiálu S235JR (11 375) [Kč]				
Tloušťka materiálu	Laser	Plazma	Drátové řezání	Vodní paprsek
3 mm	23,30	70,90	1369,90	50,10
20 mm	106,80	85,50	2054,80	554,80



Obr. 4.4 Náklady na 1 m řezu

ZÁVĚR

Vzhledem ke stávající situaci na trhu se společnosti zajímají hlavně o stroje, které jsou schopny vyrábět v co nejkratších strojních časech s minimálními náklady. Otázka ekologické problematiky je firmami přehlížena a znehodnocována, jde jim především o zisk. V těchto případech je v monopolním postavení použití hlavně laseru či plazmy. Tyto stroje jsou sice opatřeny filtračními zařízeními, ale určitá část vzniklých emisí přechází do okolního vzduchu, kde může dojít ke kontaminaci. Filtrační systémy jsou stále zdokonalovány, ale zřejmě nikdy se nepodaří dosáhnout 100 % účinnosti filtrů pro průmyslové stroje.

Se stále viditelně se zhoršujícími globálními problémy jde do popředí zájem politických orgánů většiny zemí o zmírnění či zpomalení těchto jevů. Přijímají se opatření ke snižování produkce nebezpečných látek, úsporná energetická opatření, ale také povinnost firem platit za produkované množství emisí. Svoji roli zde hraje i rozvoj nových technologií, jak v průmyslu, tak v hospodářství. Z těchto uvedených argumentů se jeví používání obrábění vodním paprskem jako evidentní cesta pro obrábění v budoucnosti. Při jeho použití nevznikají žádné emise, stroj spotřebovává pouze elektrickou energii, vodu a popř. použité brusivo, které ale nepředstavuje ohrožení pro životní prostředí, avšak spotřeba elektrické energie je přibližně třikrát větší než u laseru. Bohužel dosahované řezné rychlosti se stále nevyrovnají rychlostem laseru či plazmy. Proto by bylo vhodné stále pracovat na zlepšení hodnot řezných parametrů vodního paprsku a snížení spotřeby elektrické energie vysokotlakých čerpadel.

Pro nedostatek speciálního vybavení a pomůcek nebylo ale při výrobě vzorku měřeno množství ani typ případných vzniklých emisí. Tato měření byla provedena u výrobců strojů a filtračních systémů, ale nebyla veřejně dostupná. Proto by se následný výzkum mohl zabývat vznikem emisí při řezání povlakovaných, znečištěných či jinak ošetřených materiálů při použití laseru či plazmy.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. KOCMAN, K., PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 1. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
2. KRIŠTOFOVÁ, D. *Kovy a životní prostředí : Enviromentálně nebezpečné složky elektroodpadu*. Ostrava : VŠB - Technická univerzita Ostrava , 2005. 66 s. ISBN 80-248-0740-8.
3. *Metalex EDM* [online]. [2009] [cit. 2009-05-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.metalexedm.com/>>.
4. MORÁVEK, R. *Nekonvenční metody obrábění* . Plzeň : Západočeská univerzita, 1999. 102 s. ISBN 80-7082-518-9.
5. *Budde Sheet Metal Works : Laser* [online]. c2009 [cit. 2009-02-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.buddesheetmetal.com/Laser.htm>>.
6. *AGUAdem s.r.o. : Recyklace abraziva* [online]. c2008 [cit. 2009-03-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.aquadem.cz/index1.htm>>.
7. Materiál firmy TRUMPF. *Návod k provozu : Stroj TCL 3030*. 08/2008.
8. *Evropský parlament : Přílohy* [online]. c2004 [cit. 2009-02-07]. Dostupný z WWW: <http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004_2009/documents/dv/9999-2005-2948_/9999-2005-2948_cs.pdf>.
9. *Agronavigátor : Slovník A-Z* [online]. 2009 [cit. 2009-02-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.agronavigator.cz/az/vis.aspx?id=76678>>.
10. *Eurowater : Filtry s aktivním uhlím* [online]. [2009] [cit. 2009-02-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.eurowater.cz/Default.aspx?ID=1409>>.
11. *IB Filtr : Aktivní uhlí* [online]. [2009] [cit. 2009-02-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.ibfiltr.cz/aktivni-uhli.php>>.
12. *Jan Elišák : Filtry* [online]. [2009] [cit. 2009-02-10]. Dostupný z WWW: <<http://filtry.elisak.cz/tisk/grafuhel.gif>>.
13. ŘASA, J., POKORNÝ, P., GABRIEL, V. *Strojírenská technologie 3. 2. díl : Obráběcí stroje pro automatizovanou výrobu, fyzikální technologie obrábění*. Praha : Scientia, 2001. 221 s. ISBN 80-7183-227-8.
14. *Ekologie obrábění*. Ústí n. Labem : Univerzita J. E. Purkyně, 2000. 99 s. ISBN 80-7044-328-6.

15. *BSC : Waterjet* [online]. c2008 [cit. 2009-03-23]. Dostupný z WWW:
<<http://www.waterjet.ee/htm/index.php?id=22>>.
16. *Filtrace vody.cz : Reverzní osmóza* [online]. [2009] [cit. 2009-03-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.filtracevody.cz/store/default.asp?lngDepartmentID=3>>.
17. *Tigemma, služby ve strojírenství : Filtrační zařízení* [online]. c2005 [cit. 2009-03-25]. Dostupný z WWW: <<http://www.tigemma.cz/zarizeni.htm>>.
18. *Vanad, kyslíkové a plazmové CNC řezací stroje : Filtrace a odsávání* [online]. c2009 [cit. 2009-03-26]. Dostupný z WWW:
<<http://www.vanad.eu/prislusenstvi.asp?lang=cz&sm=3>>.
19. HLUCHÝ, M., KOLOUCH, J. *Strojírenská technologie 1. 1. díl : Nauka o materiálu*. Praha : Scientia, 2002. 266 s. ISBN ISBN: 80-7183-262.
20. *VUT Brno, Energetický ústav, odbor energetického inženýrství : Konference - Semináře* [online]. c2004-2009 [cit. 2009-04-07]. Dostupný z WWW:
<http://oei.fme.vutbr.cz/konfer/biomasa_iv/papers/syc.pdf>.
21. *Pierce Control Automation : CNC Plasma and Gas Cutting Machines* [online]. c2007 [cit. 2009-04-23]. Dostupný z WWW:
<<http://www.pierce.cz/download.htm>>.
22. *Hypertherm : HyPerformance Plasma* [online]. c2009 [cit. 2009-04-30].
Dostupný z WWW:
<http://www.hypertherm.com/en/Products_and_Services/Mechanized_Plasma/HyPerformance_Plasma/hpr130.jsp>.
23. *Wikimedia Commons* [online]. [2006] , 18. 5. 2009 [cit. 2009-05-19]. Dostupný z WWW:
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diagram_of_water_jet_cutter_machine.png>.
24. HUMÁR, A. *Technologie I: : Technologie obrábění - 3. část*. [online]. [cit. 2009-05-02]. 57 s. Brno : Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.
Dostupné z WWW: <<http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/?page=opory>>.
25. *Agie Charmilles, s.r.o. : EDM* [online]. c2009 [cit. 2009-01-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.gfac.com/cz/produkty.html>>.
26. *Design Tech : Když se řekne Mold Design* [online]. c2005 [cit. 2009-05-07].
Dostupný z WWW: <<http://www.designtech.cz/c/plm/kdyz-se-rekne-mold-design.htm>>.

27. *SoftGeo : Vibrační třídiče* [online]. [2009] [cit. 2009-05-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.softgeo.com/vibrtrid/vibrtrid.php>>.
28. *Sodi-Tech EDM Ltd. : Machines* [online]. c2005-2009 [cit. 2009-05-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.sodi-techedm.co.uk/machines/wire2.htm>>.
29. *Endler s.r.o. : Ionexové pryskyřice* [online]. c2006 [cit. 2009-05-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.endler.cz/index.php?id=Resinex>>.
30. *Culligan : Demineralizace* [online]. c2006-2009 [cit. 2009-05-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.culligan.cz/technologie/demineralizace>>.
31. *Sodick Europe Ltd.* [online]. c2005-2009 [cit. 2009-05-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.sodick.org/products/precision-wire-edm/aq537l.html>>.
32. *Making the Cut. Mechanical Engineering Magazine of ASME* [online]. November 2001 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.memagazine.org/backissues/membersonly/nov01/features/makcut/makcut.html>>.
33. *Shentin Industrial CO., LTD* [online]. [2003] [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <http://www.shentin.com.tw/cm_3_img.html>.
34. *Suh's Home : Chemical machining* [online]. 1997 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <<http://sns.chonbuk.ac.kr/manufacturing/special-4.htm>>.
35. *Bullen Semiconductor : Ultrasonic Impact Grinding* [online]. c2003-2008 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.bullensemiconductor.com/Ultrasonic-Impact-Grinding.cfm>>.
36. *Nekonvenční metody obrábění - 8. díl. MM Průmyslové spektrum* [online]. 2008, roč. 2008, č. 10 [cit. 2009-05-20], s. 32. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/nekonvencni-metody-obrabeni-8-dil>>.
37. *The University of Kansas : School of Engineering* [online]. 2009 [cit. 2009-05-21]. Dostupný z WWW: <http://www.engr.ku.edu/~rhale/ae510/websites_f03/ebeam/works.htm>.
38. *Take it : Plazmové hořáky* [online]. 2007 [cit. 2009-05-21]. Dostupný z WWW: <<http://orgrez.takeit.idnes.cz/plazmove-horaky-3330506?6417>>.
39. MAŇKOVÁ, I. *Progresívne technológie*. 1. vyd. Košice : Technická univerzita Košice, Strojnícká fakulta. Edícia vedeckej a odbornej literatury. Vienaľa, 2000. 275 s. ISBN 80-7099-430-4.

40. V čem spočívá metoda elektrokoagulace. *Tiskové zprávy města Jablonec nad Nisou* [online]. 2008 [cit. 2009-05-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.mestojablonec.cz/cs/mestsky-urad/pro-novinare/tiskove-zpravy/aktualni-zpravy/v-cem-spociva-metoda-elektrokoagulace.html>>.
41. Účinné a hospodárné zpracování kalů. *Automa : Časopis pro automatizační techniku* [online]. 2009, roč. 2009, č. 2 [cit. 2009-05-21]. Dostupný z WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=38621>.
42. VŠB TU Ostrava : Oddělení odpadového hospodářství a biotechnologií [online]. c2005 [cit. 2009-05-21]. Dostupný z WWW: <http://homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy2005/Bara/postupy_soubory/schema_susi_ciho_procesu.png>.
43. Inisoft s.r.o. : *Evidence odpadů* [online]. 2000 [cit. 2009-05-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.inisoft.cz/lexikon/185/185.htm>>.
44. Bohdan Bolzano : *Technická příručka* [online]. c1998-2004 [cit. 2009-05-21]. Dostupný z WWW: <<http://prirucka.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/techprirI/tycovaocel/EN10025/S235JRG2/>>.
45. Fisher Scientific, spol. s.r.o. [online]. 2007 [cit. 2009-05-21]. Dostupný z WWW: <http://www.thermofisher.cz/editor/image/download1_soubory/rs_vety.pdf>.
46. Katedra chemie, Pedagogická fakulta MU [online]. 2006, duben 2007 [cit. 2009-05-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.ped.muni.cz/wchem/sm/hc/labtech-old/soubory/lrabz/lrbp6.pdf>>.
47. GarnetSales.com [online]. GMA Garnet Pty Ltd, c2005-2007 [cit. 2009-05-26]. Dostupný z WWW: <<http://www.garnetsales.com/pdf/English/techdata/GMA%20Waterjet%20Grade%20Product%20Data%20Sheet.pdf>>.
48. http://www.cnim.cz/images/illustrations/img_eau_deminer_zoom.jpg
49. DIRNER, V. *Ochrana životního prostředí : základy, plánování, technologie, právo a management*. Ostrava : VŠB-Technická univerzita, 1997. 333 s. ISBN 80-7078-490-3.
50. *Chemie a životní prostředí*. Rada pro životní prostředí při vládě ČSR. Praha : Tiskařské závody, 1984. 168 s.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
UV	/	ultrafialové záření
NMO	/	nekonvenční metody obrábění
Q_v	$\text{cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$	úběr materiálu
E_p	$\text{J} \cdot \text{mm}^3$	měrná práce
EDM	/	elektroerozivní obrábění
PBM, PAM	/	obrábění paprskem plazmy
LBM	/	obrábění paprskem laseru
EBM	/	obrábění paprskem elektronů
ECM	/	elektrochemické obrábění
CM	/	chemické obrábění
PCM	/	fotochemické obrábění
USM	/	ultrazvukové obrábění
WJM	/	obrábění vodním paprskem
AWJ	/	obrábění abrazivním vodním paprskem
ECG	/	elektrochemické broušení
NPK	/	nejvyšší přípustné koncentrace
PEL	/	přípustné expoziční limity
δ	%	relativní objemový úbytek materiálu
CNC	/	číslicově řízený systém
HEPA	/	High Efficiency Particulate Air
PTFE	/	PolyTetraFluorEtylen
d	mm	průměr trysky
p	MPa	tlak řezného plynu
$V \cdot t^{-1}$	m^3	objem plynu za čas
P	W	výkon
P_1	%	účinnost

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Směrné limitní hodnoty expozic na pracovišti ⁸ .
Příloha 2	Vybrané přílohy k zákonu č. 185/2001 Sb. ⁴³ .
Příloha 3	Metody hloubení otvorů malých průměrů ¹³ .
Příloha 4	Výkres vyráběného vzorku - prisma.
Příloha 5	Materiálový list k oceli S235JR (11 375) ⁴⁴ .
Příloha 6	Seznam firem spolupracujících na výrobě vzorku.
Příloha 7	Propagační materiály firmy Fe Produkt a.s. (řezání plazmou).
Příloha 8	Propagační materiály firmy Penta s.r.o. (elektroerozivní stroje).
Příloha 9	Produktový list brusiva GMA GARNET 80 ⁴⁷ .
Příloha 10	Seznam R vět, S vět pro chemické látky ⁴⁵ .
Příloha 11	Grafické výstražné symboly ⁴⁶ .
Příloha 12	Datový list z řezání vodním paprskem.
Příloha 13	Datový list z řezání plazmou.
Příloha 14	Datový list z řezání laserem.

Příloha 1

Směrné limitní hodnoty expozic na pracovišti

EINECS ⁽¹⁾	CAS ⁽²⁾	NÁZEV ČINITELE	LIMITNÍ HODNOTY				POZNÁMKA ⁽³⁾
			8 hodin ⁽⁴⁾		Krátká doba ⁽⁵⁾		
			mg/m ³⁽⁶⁾	ppm ⁽⁷⁾	mg/m ³⁽⁶⁾	ppm ⁽⁷⁾	
200-193-3	54-11-5	Nikotin	0.5	-	-	-	pokožka
200-579-1	64-18-6	Kyselina mravenčí	9	5	-	-	-
200-659-6	67-56-1	Methanol	260	200	-	-	pokožka
200-830-5	75-00-3	Chlorethan	268	100	-	-	-
200-835-2	75-05-8	Acetonitril	70	40	-	-	pokožka
201-142-8	78-78-4	Isopentan	3000	1000	-	-	-
202-716-0	98-95-3	Nitrobenzen	1	0.2	-	-	pokožka
203-585-2	108-46-3	Resorcin	45	10	-	-	pokožka
203-625-9	108-88-3	Toluen	192	50	384	100	pokožka
203-628-5	108-90-7	Chlorbenzen	23	5	70	15	-
203-692-4	109-66-0	Pentan	3000	1000	-	-	-
203-716-3	109-89-7	Diethylamin	15	5	30	10	-
203-777-6	110-54-3	n-Hexan	72	20	-	-	-
203-806-2	110-82-7	Cyklohexan	700	200	-	-	-
203-815-1	110-91-8	Morfolin	36	10	72	20	-
203-906-6	111-77-3	2-(2-methoxyethoxy)etanol	50.1	10	-	-	pokožka
203-961-6	112-34-5	2-(2-butoxyethoxy)ethan-1-ol	67.5	10	101.2	15	-
204-696-9	124-38-9	Oxid uhličitý	9000	5000	-	-	-
205-483-3	141-43-5	2-aminoethan-1-ol	2.5	1	7.6	3	pokožka
205-634-3	144-62-7	Kyselina šťavelová	1	-	-	-	-
206-992-3	420-04-2	Kyanamid	1	0.58	-	-	pokožka
207-343-7	463-82-1	Neopentan	3000	1000	-	-	-
215-236-1	1314-56-3	Oxid fosforečný	1	-	-	-	-
215-242-4	1314-80-3	Siřík fosforečný	1	-	-	-	-
231-131-3	7440-22-4	Stříbro (rozpuštěné sloučeniny jako Ag)	0.01	-	-	-	-
	7440-39-3	Baryum (rozpuštěné sloučeniny jako Ba)	0.5	-	-	-	-
	7440-47-3	Chrom, anorganické sloučeniny chromu(II) a anorganické sloučeniny chromu(III) (nerozpuštěné)	2	-	-	-	-
231-714-2	7697-37-2	Kyselina dusičná	-	-	2.6	1	-
231-778-1	7726-95-6	Brom	0.7	0.1	-	-	-

231-959-5	7782-50-5	Chlór	-	-	1.5	0.5	-
232-260-8	7803-51-2	Fosfin	0.14	0.1	0.28	0.2	-
	8003-34-7	Pyrethrum (vyčištěné senzibilizující laktony)	1	-	-	-	-
233-060-3	10026-13-8	Chlorid fosforečný	1	-	-	-	-

(¹) EINECS: European Inventory of Existing Chemical Substances (Evropský seznam chemických látek, které jsou na trhu).

(²) CAS: Chemical Abstract Service Registry Number (registrační číslo CAS).

(³) Poznámka „pokožka“ připojená k limitním hodnotám expozice na pracovišti označuje možnost závažného proniknutí pokožkou.

(⁴) Měřené nebo vypočtené ve vztahu k referenčnímu období osmi hodin jako časově vážený průměr.

(⁵) Limitní hodnota, nad kterou by nemělo dojít k expozici a která odpovídá době 15 minut, není-li stanoveno jinak.

(⁶) mg/m³ = miligramy na metry krychlové vzduchu ve 20°C a 101,3 Kpa.

(⁷) ppm = částice na milion a na objem vzduchu (ml/m³).

Příloha 2

Vybrané přílohy k zákonu č. 185/2001 Sb.

Kód	Nebezpečná vlastnost odpadu
H1	Výbušnost
H2	Oxidační schopnost
H3-A	Vysoká hořlavost
H3-B	Hořlavost
H4	Dráždivost
H5	Škodlivost zdraví
H6	Toxicita
H7	Karcinogenita
H8	Žiravost
H9	Infekčnost
H10	Teratogenita
H11	Mutagenita
H12	Schopnost uvolňovat vysoce toxické nebo toxické plyny ve styku s vodou, vzduchem nebo kyselinami
H13	Schopnost uvolňovat nebezpečné látky do životního prostředí při nebo po odstraňování
H14	Ekotoxicita

Kód	Způsob využívání odpadů
R1	Využití odpadu způsobem obdobným jako paliva nebo jiným způsobem k výrobě energie
R2	Získání/regenerace rozpouštědel
R3	Získání/regenerace organických látek, které se nepoužívají jako rozpouštědla (včetně kompostování a dalších biologických procesů)
R4	Recyklace/znovuzískání kovů a kovových sloučenin
R5	Recyklace/znovuzískání ostatních anorganických materiálů
R6	Regenerace kyselin nebo zásad
R7	Obnova látek používaných ke snižování znečištění
R8	Získání složek katalyzátorů
R9	Rafinace použitých olejů nebo jiný způsob opětného použití olejů
R10	Aplikace do půdy, která je přínosem pro zemědělství nebo zlepšuje ekologii
R11	Využití odpadů, které vznikly aplikací některého z postupů uvedených pod označením R1 až R10
R12	Předúprava odpadů k aplikaci některého z postupů uvedených pod označením R1 až R11
R13	Skladování materiálů před aplikací některého z postupů uvedených pod označením R1 až R12 (s výjimkou dočasného skladování na místě vzniku před sběrem)

Kód	Způsob odstraňování odpadů
D1	Ukládání v úrovni nebo pod úrovní terénu (např. skládkování apod.)
D2	Úprava půdními procesy (např. biologický rozklad kapalných odpadů či kalů v půdě apod.)
D3	Hlubinná injektáž (např. injektáž čerpatelných kapalných odpadů do vrtů, solných komor nebo prostor přírodního původu apod.)
D4	Ukládání do povrchových nádrží (např. vypouštění kapalných odpadů nebo kalů do prohlubní, vodních nádrží, lagun apod.)
D5	Ukládání do speciálně technicky provedených skládek (např. ukládání do oddělených, utěsněných, zavřených prostor izolovaných navzájem i od okolního prostředí apod.)
D6	Vypouštění do vodních těles, kromě moří a oceánů
D7	Vypouštění do moří a oceánů včetně ukládání na mořské dno
D8	Biologická úprava jinde v této příloze nespecifikovaná, jejímž konečným produktem jsou sloučeniny nebo směsi, které se odstraňují některým z postupů uvedených pod označením D1 až D12
D9	Fyzikálně-chemická úprava jinde v této příloze nespecifikovaná, jejímž konečným produktem jsou sloučeniny nebo směsi, které se odstraňují některým z postupů uvedených pod označením D1 až D12 (např. odpařování, sušení, kalcinace)
D10	Spalování na pevnině
D11	Spalování na moři
D12	Konečné či trvalé uložení (např. ukládání v kontejnerech do dolů)
D13	Úprava složení nebo smíšení odpadů před jejich odstraněním některým z postupů uvedených pod označením D1 až D12
D14	Úprava jiných vlastností odpadů (kromě úpravy zahrnuté do D13) před jejich odstraněním některým z postupů uvedených pod označením D1 až D13
D15	Skladování odpadů před jejich odstraněním některým z postupů uvedených pod označením D1 až D14 (s výjimkou dočasného skladování na místě vzniku odpadu před shromážděním potřebného množství)

Kód	Složka, která podle tohoto zákona činí odpad nebezpečným
C1	beryllium; sloučeniny berylia
C2	sloučeniny vanadu
C3	sloučeniny šestimocného chrómu (VI)
C4	sloučeniny kobaltu
C5	sloučeniny niklu
C6	sloučeniny mědi
C7	sloučeniny zinku
C8	arzén; sloučeniny arzenu
C9	selen; sloučeniny selenu
C10	sloučeniny stříbra
C11	kadmium; sloučeniny kadmia
C12	sloučeniny cínu
C13	antimon; sloučeniny antimonu
C14	telur; sloučeniny teluru
C15	sloučeniny bária, s výjimkou síranu barnatého
C16	rtuť; sloučeniny rtuti
C17	thallium; sloučeniny thalia
C18	olovo; sloučeniny olova
C19	anorganické siřníky
C20	anorganické sloučeniny fluoru, s výjimkou fluoridu vápenatého
C21	anorganické kyanidy
C22	následující alkalické kovy a kovy alkalických zemin: lithium, sodík, draslík, vápník, hořčík v nevázané podobě
C23	kyselé roztoky nebo kyseliny v pevné formě
C24	zásadité roztoky nebo zásady v pevné formě
C25	azbesty (prach a vlákna)
C26	fosfor; sloučeniny fosforu, s výjimkou minerálních fosfátů
C27	karbonyly kovů
C28	peroxidy
C29	chlorečnany
C30	chloristany
C31	azidy
C32	PCB nebo PCT
C33	farmaceutické nebo veterinární přípravky
C34	biocidy a fytofarmaceutické přípravky (např. pesticidy apod.)
C35	infekční látky
C36	kreozoty
C37	izokyanatany; thiokyanatany
C38	organické kyanidy (např. nitrily apod.)
C39	fenoly; sloučeniny fenolu
C40	halogenovaná rozpouštědla
C41	organická rozpouštědla, s výjimkou halogenovaných rozpouštědel
C42	organohalogenové sloučeniny, s výjimkou inertních polymerovaných materiálů a dalších látek uvedených v této příloze
C43	aromatické sloučeniny; polycyklické a heterocyklické organické sloučeniny
C44	alifatické aminy
C45	aromatické aminy
C46	étery
C47	látky výbušné povahy, s výjimkou látek uvedených jinde v této příloze
C48	organické sloučeniny síry
C49	jakýkoliv kongener polychlorovaného dibenzofuranu
C50	jakýkoliv kongener polychlorovaného dibenzo-p-dioxinu
C51	uhlovodíky a jejich sloučeniny s kyslíkem, dusíkem nebo sírou, pokud nejsou uvedeny jinde v této příloze

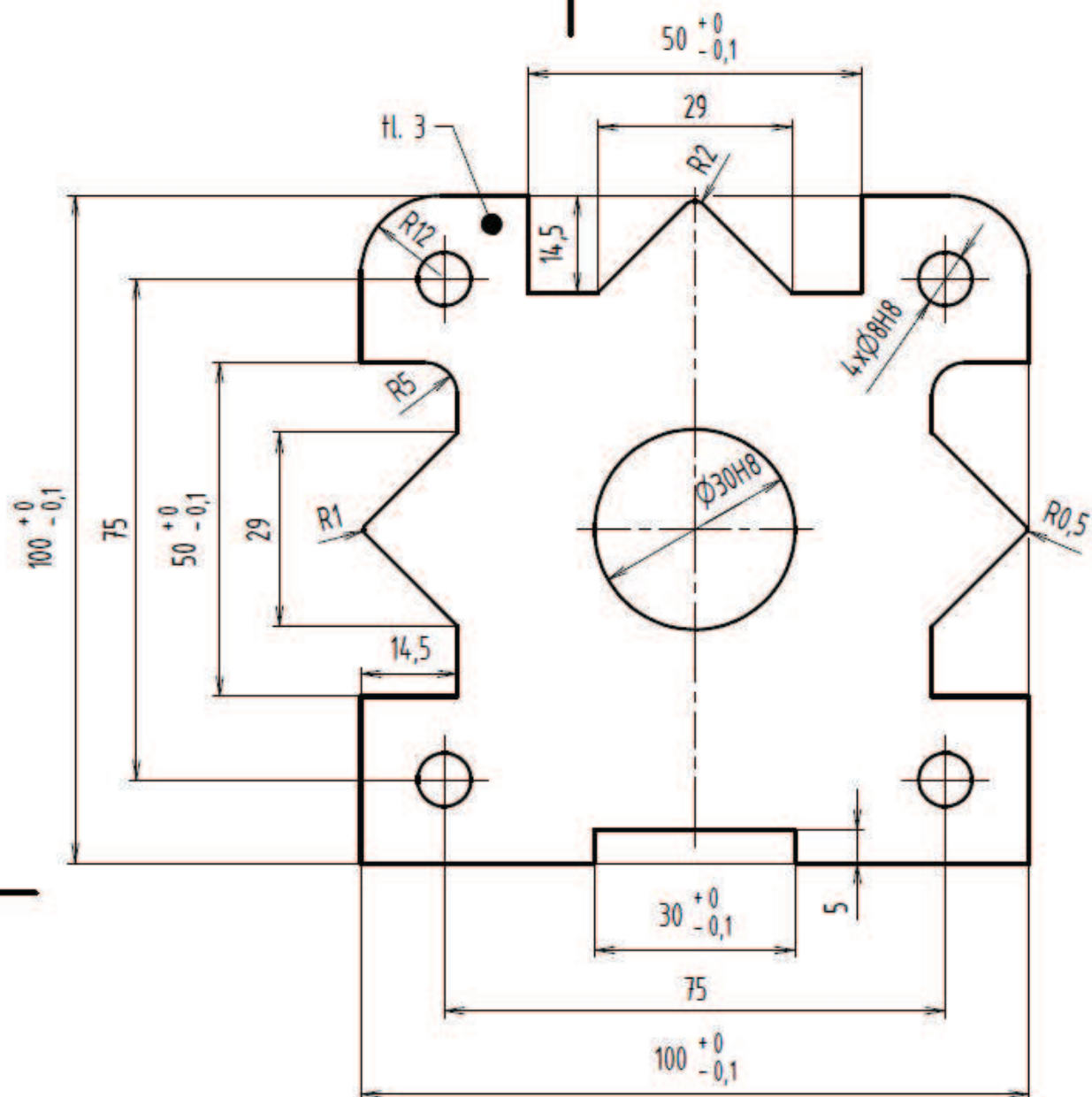
Příloha 3

Metody hloubení otvorů malých průměrů

Charakteristika procesu	Elektrochemické odstraňování materiálu hloubením		
Označení metody	STEM	ECF	ESD
Schéma			
Nejmenší průměr d_{\min} [mm]	0,5÷5	0,2÷2	0,125÷1
Poměr l/d	200	100	50; (3)*
Tolerance díry [mm]	0,05	0,03	0,03 (0,05)*
Vrtací nástroj	izolovaná korozivzdorná trubka z nerezové oceli nebo titanové slitiny	skleněná trubka	skleněná trubka zakončená kapilárou
Elektrolyt	H ₂ SO ₄	H ₂ SO ₄	H ₂ SO ₄
	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃
Napětí [V]	20÷100	100÷500	300÷600
Tlak elektrolytu [kPa]	3÷10	3÷20	3÷10 (60)*
Rychlost vrtání vc [mm·min ⁻¹]	1÷3,5	1÷4	1÷3,5 (0)*
() * platí pro EJ (Electrojet) - vrtání elektrotryskou pro tenké materiály $vf=0$ (bez posuvu nástroje)			

Příloha 4

Výkres vyráběného vzorku - prizma



Struktura povrchu:

$Ra 1,6$

Hrany:

$\pm 0,3$

$\pm 0,3$

Měřítko

1:1

Přesnost

ISO 2768-mK

Tolerování

ISO 8015

Promítání

Materiál 11 375

Polotovár

Hmotnost 0,173 kg

CHRÁNĚNO PODLE ISO 1606

ÚSTAV

STROJÍRENSKÉ

TECHNOLOGIE

Druh dokumentu

Kreslil

Muzikant Dušan

Schválil

Datum vydání

3.3.2009

Název

Prizma

Číslo dokumentu

03-03-2009

List 1/1

Příloha 5

Materiálový list k oceli S235JR (11 375)

Přehled vlastností oceli S235JR						1.0038		
Druh oceli	Nelegovaná jakostní konstrukční ocel							
TDP	ČSN EN 10025-2: 2005							
Dřívější označení	S235JRG2 podle EN 10025: 1990 + A1: 1993; RSt 37-2 podle DIN 17100; 11 375 podle ČSN							
Chemické složení v % hmot. (rozběr tavby)	C max. pro tloušťku v mm			Mn _{max.}	Si _{max.}	P _{max.}	S _{max.}	N _{max.}
	≤16	>16≤40	>40 ¹⁾					
	0,17	0,17	0,20	1,40	-	0,035	0,035	0,012
Složení hotového výrobku	0,19	0,19	0,23	1,50	-	0,045	0,045	0,014
Mechanické vlastnosti pro zkoušky v podélném směru	Minimální mez kluzu R _{eH} MPa pro výrobky jmenovité tloušťky v mm:							
	≤16	>16≤40	>40≤63	>63≤80	>80≤100	>100≤150	>150≤200	>200≤250
	235	225	215	215	215	195	185	175
	Pevnost v tahu R _m MPa pro výrobky jmenovité tloušťky v mm:							
	≥3≤100		>100≤150			>150≤250		
	360-510		350-500			340-490		
	Minimální tažnost v % (L ₀ = 5.65√S ₀) pro výrobky jmenovité tloušťky v mm ⁵⁾ :							
	>3≤40		>40≤63		>63≤100		>100≤150	
	26		25		24		22	
	21							
Maximální hodnota CEV ³⁾	Pro výrobky jmenovité tloušťky v mm							
	≤ 30		>30≤40		>40≤150		>150≤250	
	0,35		0,35		0,38		0,40	
Technologické vlastnosti								
Svařitelnost	Vhodná ke svařování všemi obvykle používanými způsoby svařování. S rostoucí tloušťkou výrobku a rostoucí hodnotou uhlíkového ekvivalentu se zvyšuje riziko výskytu trhlin za studena v oblasti sváru. Je účelné dbát doporučení stanovující podmínky pro svařování, jak je ku příkladu uvádí ECSC IC 2 (EN 1011).							
Tváření za tepla	Jsou-li dodávané výrobky dále tvářeny za tepla, splňují uvedené mechanické vlastnosti pouze po následném normalizačním žihání.							
Tvařitelnost za studena	Ocel určená pro tváření za studena musí být označena písmenem C (S235JRC). To se týká i tažení za studena.							

¹⁾ pro profily o jmenovité tloušťce nad 100 mm se obsah C stanoví po dohodě.

²⁾ pro profily o jmenovité tloušťce nad 100 mm je hodnoty nutno dohodnout

³⁾ hodnota uhlíkového ekvivalentu CEV se vypočte z rozboru tavby podle vzorce :
CEV = C + Mn : 6 + (Cr+Mo+V) : 5 + (Ni+Cu) : 15
CEV je volitelný požadavek.

⁴⁾ průměrná hodnota vypočtená z výsledků tří stanovení musí splňovat předepsané požadavky. Jedna hodnota může být nižší, než předepsaná minimální průměrná hodnota za předpokladu, že nebude nižší než 70% této hodnoty. V opačném případě se odebírají ze zkušebního vzorku další 3 zkušební tělesa. Průměrná hodnota ze 6 zkoušek pak nesmí být nižší než předepsaná minimální hodnota, přičemž 2 výsledky mohou být nižší, ale pouze jeden s hodnotou nižší, než 70% předepsané minimální hodnoty.

⁵⁾ pro podélný směr zkoušení.

Příloha 6

Seznam firem spolupracujících na výrobě vzorku.

- Řezání laserem

Firma ARGOS - PF s.r.o. byla založena již v roce 1993 v Prostějově a specializovala se na výrobu zemědělských strojů, jejich příslušenství a kovoobrábění. V širokém strojového parku lze naléznout CNC laserový pálicí stroj, CNC ohýbačku, CNC obráběcí soustruhy a centra, vyvrtávačky, klasické soustruhy, lisy, a stroje na výrobu ozubení.

- Řezání plazmou

Olomoucká firma Fe Produkt, a.s. byla založena v roce 2000 se zaměřením na prodej hutních materiálů, jako jsou plechy, trubky, profilovaná ocel, betonářská ocel, neželezné kovy atd., a jejich úpravu řezáním pomocí plazmy či kyslíkových hořáku na CNC strojích nebo frézováním na CNC obráběcím centru na požadované rozměry a tvary.

- Drátové řezání

Prostějovská firma Swiss Engeneering s.r.o. byla založena v roce 1996 a zabývala se zámečnickou výrobou a výrobou kancelářského nábytku. V roce 1999 se spojila s výrobnou nástrojů. Nástrojárna je zaměřena na výrobu nástrojů pro tváření plechů, vstřikovacích forem na plasty a pryže, nástrojů pro objemové tváření za studena, různých přípravků atd. Firma disponuje početním strojním parkem (CNC drátové řezačky, CNC soustruhy, CNC obráběcí centra, klasické stroje jako soustruhy, frézky, vyvrtávačky, brusky, pískovací stroje atd.).

- Řezání vodním paprskem

Brněnská firma AQUAdem s.r.o. patří v České Republice mezi průkopníky ve výrobě pomocí vysokotlakého vodního paprsku. Od svého založení, v roce 1995, firma specializuje na výrobu řezáním vodním paprskem a vývoj jeho příslušenství, hlavně filtračních systémů. Důkazem je patentovaný automatický recyklační stroj na použité abrazivo, který byl po svém uvedení na trh hojně dodáván k řezacím strojům. Firma disponuje dvěma CNC na řezání vodním paprskem a CNC ohýbačkou.

Příloha 7

Propagační materiály firmy k řezání plazmou

PÁLENÍ PLECHŮ

Na CNC pálicích strojích řady RUR nabízíme tvarové řezání plechů kyslíkem nebo plazmou:

- zhotovení libovolných výpalků dle zaslaných dat (*.dxf, *.dwg) nebo dodané výkresové dokumentace
- maximální formát pálení 2100 x 6050 milimetrů
- materiál z vlastního skladu v požadované jakosti nebo možnost zpracování dodaného materiálu
- rychlost a pružnost dodávek

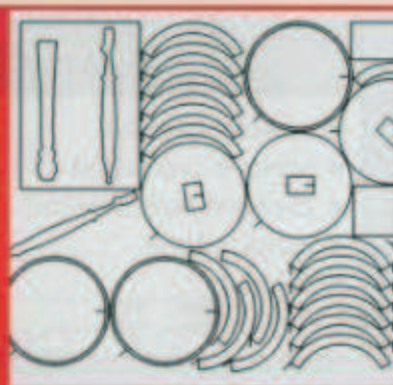


RUR 2500 AUTOGEN

- 2 hořáky - kyslík+zemní plyn
- pálení konstrukční oceli o síle 12 – 120 milimetrů
- velmi příznivé ceny pálení

RUR 2500 PLAZMA

- pálicí zařízení Hypertherm
- tloušťka materiálu 0,5 – 16 milimetrů (konstrukční ocel); po dohodě možnost pálení nerez, pozinku a bar. kovů
- vysoká tvarová a rozměrová přesnost



FRÉZOVÁNÍ (OBRÁBĚNÍ)

Na vertikálním CNC obráběcím centru **MCX 1200** nabízíme:

- výrobu přesných strojních součástek dle dodané dokumentace
- frézování ploch a tvarů
- vrtání otvorů
- řezání závitů
- srážení hran

PARAMETRY STROJE MCX 1200:

- velikost pracovního stolu 1300x620 mm
- maximální hmotnost polotovaru 800 kg
- řídicí systém Heidenhain TNC 530i



PRODEJ HUTNÍHO MATERIÁLU

PLECHY



- ocelové všech formátů
- pozinkované
- protiskluzové (slza, listek)
- trapézové
- střešní plechové tašky

PROFILOVÁ OCEL



- nosiče I, U, IPE, UPE, UE, HEA, HEB, HEM
- tyče válcované i tažené ploché, kruhové, čtvercové
- tyče tvarového průřezu T a L
- šestihrany

JÄCKELY



- uzavřené – čtvercového a obdélníkového průřezu
- vratové T, L a Z průřezu
- otevřené ohýbané L, U
- silnostěnné profily čtvercového a obdélníkového průřezu

TRUBKY



- ocelové bezešvé
- ocelové svařované
- závitové pozinkované
- varná kolena
- příruby

BETONÁŘSKÁ OCEL



- tyče do betonu (roxor)
- síť do betonu
- zajišťujeme ohýbání betonářské oceli

DRUHOVÝROBKY *



- podlahové rošty černé, pozinkované
- schodnicové stupně
- dráty černé, pozinkované
- tkaniny, pletiva a síť
- řetězy

NEREZ OCEL A NEŽELEZNÉ KOVY *



- nerezové materiály – plechy, tyče kruhové, čtvercové, ploché
- výrobky z hliníku a slitin hliníku – plechy, slízkové plechy, pásy, trubky, tyče kruhové, ploché, čtvercové, L, U, T a uzavřené profily
- výrobky z mědi a slitin mědi (mosaz, bronz) – plechy, pásy, tyče kruhové, čtvercové, ploché, šestihranné a trubky

SLUŽBY

- dělení materiálu
- doprava materiálu
- pálení plechů
- frézování
- zajišťujeme stříhání, ohýbání plechů
- zajišťujeme ohýbání betonářské oceli
- zajišťujeme dělení ušlechtilých ocelí z bloků



KONTAKT

Tel.: 585 75 75 75
Fax: 585 75 75 70
Mobil: 602 419 943
E-mail: feprodukt@feprodukt.cz
Web: www.feprodukt.cz

Příloha 8

Propagační materiály firmy Penta s.r.o - elektroerozivní stroje

Elektroerozivní vrtačka PENTA CNC



Český výrobek se značkovým německým řídicím systémem od firmy BECKHOFF. Vše od jednoho výrobce usnadňuje servis a zaručuje dokonalou kompatibilitu.

Nová řada vrtaček s vlastní konstrukcí řídicího systému, uživatelsky příjemným ovládáním, moderním designem, kvalitním a výkonným generátorem.

Popis:

- Řídicí systém BECKHOFF se systémem Windows CE
- Vysoká rychlost, pružnost a spolehlivost
- 5,7" LCD obrazovka s dotykovým komfortním ovládáním
- Programování pozic na stroji pomocí dialogových oken
- Automatické vrtací cykly dle parametrů
- Import CNC dat z CAM systémů
- Automatické měřicí cykly
- Natočení souřadného systému, přizpůsobení souřadnic upnutému obrobku
- Dálková diagnostika, SMS hlášení stavu
- Sledování efektivity provozu a provozních nákladů
- Napojení na LAN, sdílená plocha
- Automatické měření opotřebení trubičky
- Opakovaná přesnost pozicování až 0,001 mm
- Řízení rychlosti ventilátorů podle zbytkového tepla
- Tichý chod
- Hospodárný provoz
- Vhodné pro postupné rozšiřování
- Možnost upgrade z manuální vrtačky

Novinka!

Standardní příslušenství:

- Papírový filtr
- Stroj standard
- Upínací sada
- Kleština
- Skříňka na nářadí
- Čerpadlo
- Vodicí 1 mm
- Halogenová lampa

Na přání:

- Naklápěcí a otočná osa
- 6,5" případně 12" dotyková obrazovka
- Přímé odměřování os X, Y (skleněná pravítka)
- Vodicí 0,2 - 3 mm
- Automatický výměník trubiček
- Automatický výměník vodičů

Technická data:

Model	P-2030	P-2030A	P-2535 (S)	P-3545	P-4055
Pojezd XY-os	300 x 200 mm	300 x 200 mm	350 x 250 mm	450 x 350 mm	400 mm
Pojezd ZW-os	345 x 0 mm	345 x 200 mm	345 x 200 mm	345 x 200 mm	550 mm
Pojezd vodička	150 mm	150 mm	150 mm	150 mm	350 mm
Velikost stolu	210 x 460 mm	210 x 460 mm	300 x 600 mm	300 x 600 mm	450 x 900 mm
Světlost vodička - stůl	200 mm	200 mm	350 mm	350 mm	350 mm
Průměr elektrody	0,2 - 3 mm	0,2 - 3 mm	0,2 - 3 mm	0,2 - 3 mm	0,2 - 3 mm
Vnější rozměry	1000 x 1020 x 2070 mm	1000 x 1020 x 2070 mm	1080 x 1080 x 2100 mm	1400 x 1400 x 2200 mm	1600 x 1500 x 2050 mm
Delka trubičky	400 mm	400 mm	400 mm	400 mm	400 mm
Hmotnost stroje	600 kg	600 kg	800 (900) kg	1000 kg	1500 kg
Přesnost odměřování	0,005 mm	0,005 mm	0,005 mm	0,005 mm	0,005 mm
Nosnost stolu	200 kg	200 kg	400 kg	500 kg	800 kg

PENTA TRADING, spol. s r.o.
Sídlo: Městečko 9/3
CZ - 140 00 Praha 4
www.penta-edm.cz
E-mail: obchod@penta-edm.cz

Společnost je zapsaná
v obchodním rejstříku vedeném
u Městského soudu v Praze,
v oddělení G, číslo 4727
od 28. října 1991.

ICO: 43005391
DIČ: CZ43005391
Bankovní spojení:
ČSOB Praha,
č.ú. 475980583/0300

TEL: 241 480 232
TEL: 241 480 433
FAX: 241 482 413
GSM: 602 857 957
Servis: 724 070 070

FANUC řady iD



Nejprodávanější elektroerozivní drátová rezačka v ČR a SR. Díky vynikající kvalitě a bezkonkurenční technické a technologické podpoře společnosti PENTA TRADING se prodá každoročně přes 40 nových strojů.



Současný stav nejmodernější techniky drátového řezání soustředěný v ohromné síle a eleganci v nové řadě strojů. Strídavý vysokofrekvenční generátor, nanointerpolace, umělá inteligence, LAN, připojení, USB rozhraní, dálkový přístup.

Podstatná vylepšení

- Největší pojezdy os stroje této třídy
- Zvětšená maximální velikost obrobku
- Automatické mazání os X, Y, Z, U, V
- Automatické záložní dveře, zlepšené upínání a kontrola obrobku

Ještě vyšší přesnost

- Nové vylepšená vysoce tuhá symetrická konstrukce bez převisů, tepelně izolovaná struktura, o 40 % vyšší tuhost
- Řízení napnutí drátu pomocí dvou serv, stabilnější, o 35 % méně mechanických dílů
- Vysoce přesné invertorové řízení teploty vody +/- 0,1 st.
- Vysoce tuhé spodní rameno

Příjemnější obsluha

- Nejmodernější CNC řízení FS310is-WA
- Rychlost grafiky se zvýšila 10x
- 15palcový LCD dotykový displej
- Svislé i vodorovné softklávesy

Vyšší spolehlivost

- AWF se vzduchovým paprskem
- Předtlačicí mechanismus vany
- Dělená těsnicí deska
- Řízení hladiny vody pomocí serva, velmi přesně, bez vibrací, s minimem mechanických dílů

Technická data:

Model		FANUC ALPHA - 0iD	FANUC ALPHA - 1iD
Metoda řezání		Pod hladinou / Rozsáhlí výpach	Pod hladinou / Rozsáhlí výpach
Max. obrobek	Standard	700 x 600 x 250 mm (s auto sjížděním dveří 700 x 555 x 250 mm)	1050 x 820 x 300 mm (s auto sjížděním dveří 1050 x 775 x 300 mm)
	Na přání	-	1050 x 820 x 400 mm
Max. hmotnost obrobku		500 kg	1000 kg
Pojezdy os X/Y		370 x 270 mm	600 x 400 mm
Posuv Z-osy	Standard	255 mm	310 mm
	Na přání	-	410 mm
Pojezdy U/V-os		± 60 mm	± 100 mm
Max. úhel rezu	Standard	± 30° / 80 mm	± 30° / 150 mm
	Na přání	± 45° / 40 mm	± 45° / 70 mm
Průměry řezacího drátu	Standard	0,10 - 0,30	0,10 - 0,30
Max. síla drátu		16 kg (K200)	16 kg (K200)
Rychloposuv		0,9 m / min	0,9 m / min
Rozlišení na obrazovce		0,0001	0,0001
Paměť pro NC-programy		základní 4 MB (na přání rozšiřitelná) (bez použití externí USB paměti)	základní 4 MB (na přání rozšiřitelná) (bez použití externí USB paměti)
Rychlost odvozu drátu		0 - 15 m / min	0 - 15 m / min
Napnutí drátu		200 - 2500 g	200 - 2500 g
Hmotnost stroje		2 050 kg (vozík 3t)	3 670 kg (vozík 5t)
Rozměry stroje		2 500 x 2 400 x 2 200 mm	3 100 x 2 900 x 2 400 mm
Příkon		13 kW	13 kW
Napětí		400/50 V/Hz	400/50 V/Hz
Objem nádrže		950 l	950 l (1200 l / Z 410)
Deionizační pryskyřice		19 l	30 l
Připojka na chlazení		Standard	Standard
Tlak vzduchu		min. 5 bar	min. 5 bar
Množství vzduchu		120 l/min	120 l/min

PENTA TRADING, spol. s r. o.
Sedláčkůva 9/3
02 140 00 Praha 4
www.penta-edm.cz
E-mail: obchod@penta-edm.cz

Společnost je zapsaná
v obchodním rejstříku vedeném
u Městského soudu v Praze,
v oddílu C, vložka 4727
IČ 29, října 1993

IČO: 43005136
DIČ: CZ43005136
Bankovní spojení:
ČSOB Praha
a. s.: 479990583/0300

tel: 241 482 232
fax: 241 482 433
fax: 241 482 413
GSM: 602 667 567
Sendy: 724 070 070

Elektroerozivní houbička PENTA CNC



Český výrobek se značkovým německým řídicím systémem a digitálními střídavými servomotory od firmy BECKHOFF. Vše od jednoho výrobce usnadňuje servis a zaručuje dokonalou kompatibilitu. Nová řada hloubiček s vlastní konstrukcí řídicího systému, uživatelsky příjemným ovládáním, moderním designem, kvalitním a výkonným 60 – 300A generátorem, tuhou konstrukcí, přesným lineárním vedením a kuličkovými šrouby.



Popis

- Řídicí systém BECKHOFF se systémem Windows CE
- Vysoká rychlost, pružnost a spolehlivost
- 15" LCD obrazovka s dotykovým ovládáním
- Programování na stroji pomocí dialogových oken
- High Speed Jump (vysokorychlostní odskok elektrody) pro nejsložitější hloubení s bezvýplachovou technologií

- Rychlost posuvů až 22 m /min, zrychlení 2G
- Vysoce přesná C-osa HIRSCHMANN
- Pneumatické upínání a automatická výměna elektrod
- Automatická tabulka korekcí elektrod
- Automatické měřicí cykly • Plné 3D erodování
- Rotace souřadného systému
- Natočení souřadného systému podle obrobku
- Plynulé programovatelné řízení tlaku výplachu
- Hlídání teploty
- Ventilátory řízené počítačem podle zbytkového tepla
- Tichý chod a minimální tepelná zátěž
- Automatické hlídání výšky hladiny dielektrika
- Snadná diagnostika závad i na dálku
- Programování pomocí ISO kódu, automatické programovací cykly
- Neomezený počet technologických kroků od hrubování po dokončování
- Dálková diagnostika stroje pomocí LAN a Internetu, SMS hlášení stavu stroje
- Sledování efektivity provozu
- Automatický výpočet technologie pomocí dialogového systému
- Možnost napojení LCD kamery pro měření detailů a výstup DXF souboru
- Možnost napojení laserového snímače pro měření korekcí elektrod

Generátor

- Extrémně vysoký úběr a velmi nízké opotřebení elektrod
- Vynikající možnost obrábění speciálních materiálů
- Optimalizace technologií
- Plně tranzistorový generátor 60 – 300A s rychlými polovodičovými prvky ve výkonovém dílu pro dokonalou stabilitu erodovacího procesu
- Proudově stupně od 0,5 A pro velmi rychlé dokončovací operace
- Vynikající erodovací schopnost i za špatných vyplachovacích podmínek
- Vylepšená ochrana proti zápalům – speciální řídicí karta APF



Model	PENTA 433M	PENTA 544M	PENTA 640L	PENTA 1050L	PENTA 3010L-H2-S	PENTA 655H	PENTA 20106H	PENTA 25106H
Rozměry stolu	650x400	800x450	650x400	1245x800	3100x1100	1000x600	2800x1500	3400x1500
Pracovní vana	970x550 x400	1200x700 x425	1500x900 x520	1800x1100 x700	4450x1700 x1400	1680x900 x600	4000x1800 x800	4900x1800 x800
Pojezd X-osy	400	500	600	1000	2550 / 1275	600	2000	2500
Pojezd Y-osy	300	350	450	550	1000	500	1000	1000
Pojezd Z-osy	300	350	400	450	600	500	600	600
Max. hmotnost elektrody	120	200	250	400	500 / 1000	600	600	600
Max. hmotnost obrobku	680	1 350	3 000	4 000	20 000	2 200	10 000	12 000
Hmotnost stroje	1 280	1 900	3 600	5 200	25 000	3 200	12 000	15 000
Vzdálenost stůl-pinola	270-570 (C-osa -150)	275-675 (C-osa -150)	300-700 (C-osa -150)	450-900 (C-osa -150)	600-1350 (C-osa -150)	500-1000 (C-osa -150)	600-1200 (C-osa -150)	600-1200 (C-osa -150)
Objem nádrže	300 l	600 l	900 l	1000 l	4000 l	700 l	3000 l	3500 l
Rozměry stroje	1400x1410 x2250	1350x1640 x2350	1720x1800 x2610	1930x2050 x2845	6000x4600 x3620	1800x1800 x2800	4500x2800 x3200	5400x3000 x3200
Konstrukce mechaniky	Křížový stůl		Pevný stůl		Dvě pinoly	Portál		

Standardní příslušenství

Filtrační zařízení Stroj standard
Upínací sada Upínač elektrod
Skříňka na nářadí Dálkový dohled
Automatické mazání Halogen. lampy

Na přání

Chladicí zařízení
Automatické hlídání výšky hladiny
Odměřovací skleněná pravítka
Automatický výměník elektrod / palet
Řízená C-osa / A-osa
Měřicí kamerový CCD systém

Ostatní

- značkové upínací systémy HIRSCHMANN, 3R, EROWA, MECATOOL,...
- magnetické upínací stoly, vyplachovací hubice, spotřební materiál, ...

PENTA TRADING, spol. s r. o.
Sídlo: Michelská 9/3
CZ - 140 00 Praha 4
www.penta-edm.cz
E-mail: obchod@penta-edm.cz

Společnost je zapsaná
v obchodním rejstříku vedeném
u Městského soudu v Praze,
v oddíle C, vložka 4727
od 28. října 1991

IC: 43005136
DIČ: CZ43005136
Bankovní spojení:
ČSOB Praha
č.ú.: 47198058303000

Tel.: 241 480 232
Tel.: 241 482 433
Fax: 241 482 413
GSM: 602 657 957
Servis: 724 070 070

Příloha 9

Produktový list brusiva GMA GARNET 80

GMA Garnet

The Natural Abrasive



Waterjet Cutting Grade Product Data Sheet

Average Chemical Composition (Typical)

SiO ₂ *	36%
Al ₂ O ₃	20%
FeO	30%
Fe ₂ O ₃	2%
TiO ₂	1%
MnO	1%
CaO	2%
MgO	6%

* Refers to SiO₂ bound within the lattice of the homogeneous garnet crystal (no free silica)

Physical Characteristics (Typical)

Bulk Density	2.3T/m ³
Specific Gravity	4.1
Hardness (moh)	7.50-8.0
Melting Point	1250°C
Shape of natural grains	sub-angular

Other Characteristics (Typical)

Conductivity	10-15ms/m (max 25ms/m)
Radioactivity	Not detectable above background
Moisture Absorption	Non-hygroscopic, Inert
Total Chlorides	10-15ppm (max 25ppm)
Ferrite (free iron)	less than 0.01%*
Lead	less than 0.002%*
Copper	less than 0.005%*
Other Heavy Metals	less than 0.01%*
Sulphur	less than 0.01%*

* Generally below detectable levels.

Mineral Composition (Typical)

Garnet (Almandite)	97-98%
Ilmenite	1-2%
Zircon	0.20%
Quartz (free silica)	<0.5%
Others	0.25%

Waterjet Grade Product Range

		(typical weight % retained)			
US		50 mesh	60 mesh	80 mesh	120 mesh
mesh	microns	(600-200)	(400-200)	(300-150)	(200-100)
30	600	-	-	-	-
35	500	2	-	-	-
40	425	14	0.2	-	-
45	355	45	10	2	-
50	300	85	45	20	-
60	250	96	78	50	0.01
70	212	95	96	85	25
80	180	99.9	99	95	70
90	150	-	99.8	99	93
115	125	-	-	-	99
150	106	-	-	-	99.9
170	90	-	-	-	-
pan	-90	-	-	-	-

Standard Packing

- * 80 x 25kg multilayer paper bags shrinkwrapped to 2 MT pallets, or
- * 80 x 25kg multilayer paper bags packed into 2 T bulk bags or
- * 2,000kg top and bottom spouted bulk bags with internal PVC liner, or
- * Loose bulk.



www.GARNETsales.com



Příloha 10

Seznam R vět, S vět pro chemické látky

SEZNAM R vět - charakter nebezpečnosti chemických látek

R 1 Výbušný v suchém stavu
R 2 Nebezpečí výbuchu při úderu, tření, ohni nebo působením jiných zdrojů zapálení
R 3 Velké nebezpečí výbuchu při úderu, tření, ohni nebo působením jiných zdrojů zapálení
R 4 Vytváří vysoce výbušné kovové sloučeniny
R 5 Zahřívání může způsobit výbuch
R 6 Výbušný za přístupu i bez přístupu vzduchu
R 7 Může způsobit požár
R 8 Dotek s hořlavým materiálem může způsobit požár
R 9 Výbušný při smíchání s hořlavým materiálem
R 10 Hořlavý
R 11 Vysoce hořlavý
R 12 Extrémně hořlavý
R 14 Prudce reaguje s vodou
R 15 Při styku s vodou uvolňuje extrémně hořlavé plyny
R 16 Výbušný při smíchání s oxidačními látkami
R 17 Samovznětlivý na vzduchu
R 18 Při používání může vytvářet hořlavé nebo výbušné směsi par se vzduchem
R 19 Může vytvářet výbušné peroxidy
R 20 Zdraví škodlivý při vdechování
R 21 Zdraví škodlivý při styku s kůží
R 22 Zdraví škodlivý při požití
R 23 Toxický při vdechování
R 24 Toxický při styku s kůží
R 25 Toxický při požití
R 26 Vysoce toxický při vdechování
R 27 Vysoce toxický při styku s kůží
R 28 Vysoce toxický při požití
R 29 Uvolňuje toxický plyn při styku s vodou
R 30 Při používání se může stát vysoce hořlavým
R 31 Uvolňuje toxický plyn při styku s kyselinami
R 32 Uvolňuje vysoce toxický plyn při styku s kyselinami
R 33 Nebezpečí kumulativních účinků
R 34 Způsobuje poleptání
R 35 Způsobuje těžké poleptání
R 36 Dráždí oči
R 37 Dráždí dýchací orgány
R 38 Dráždí kůži
R 39 Nebezpečí velmi vážných nevratných účinků
R 40 Možné nebezpečí nevratných účinků
R 41 Nebezpečí vážného poškození očí
R 42 Může vyvolat senzibilizaci při vdechování
R 43 Může vyvolat senzibilizaci při styku s kůží
R 44 Nebezpečí výbuchu při zahřátí v uzavřeném obalu
R 45 Může vyvolat rakovinu
R 46 Může vyvolat poškození dědičných vlastností
R 48 Při dlouhodobé expozici nebezpečí vážného poškození zdraví
R 49 Může vyvolat rakovinu při vdechování
R 50 Vysoce toxický pro vodní organizmy
R 51 Toxický pro vodní organizmy
R 52 Škodlivý pro vodní organizmy
R 53 Může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí
R 54 Toxický pro rostliny
R 55 Toxický pro živočichy
R 56 Toxický pro půdní organizmy
R 57 Toxický pro včely
R 58 Může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky v životním prostředí
R 59 Nebezpečný pro ozónovou vrstvu
R 60 Může poškodit reprodukční schopnost
R 61 Může poškodit plod v těle matky

R 62 Možné nebezpečí poškození reprodukční schopnosti
R 63 Možné nebezpečí poškození plodu v těle matky
R 64 Může poškodit kojence prostřednictvím mateřského mléka
R 65 Zdraví škodlivý: při požití může vyvolat poškození plic
R 66 Opakovaná expozice může způsobit vysušení nebo popraskání kůže
R 67 Vdechování par může způsobit ospalost a závratě

KOMBINACE R vět

R 26/28 Vysoce toxický při vdechování a při požití
R 26/27/28 Vysoce toxický při vdechování, styku s kůží a při požití
R 27/28 Vysoce toxický při styku s kůží a při požití
R 36/37 Dráždí oči a dýchací orgány
R 36/38 Dráždí oči a kůži
R 36/37/38 Dráždí oči, dýchací orgány a kůži
R 37/38 Dráždí dýchací orgány a kůži
R 39/23 Toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při vdechování
R 39/24 Toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při styku s kůží
R 39/25 Toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při požití
R 39/23/24 Toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při vdechování a při styku s kůží
R 39/23/25 Toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při vdechování a při požití
R 39/24/25 Toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při styku s kůží a při požití
R 39/23/24/25 Toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při vdechování, styku s kůží a při požití
R 39/26 Vysoce toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při vdechování
R 39/27 Vysoce toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při styku s kůží
R 39/28 Vysoce toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při požití
R 39/26/27 Vysoce toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při vdechování a při styku s kůží
R 39/26/28 Vysoce toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při vdechování a při požití
R 39/27/28 Vysoce toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při styku s kůží a při požití
R 39/26/27/28 Vysoce toxický: nebezpečí velmi vážných nevratných účinků při vdechování, styku s kůží a při požití
R 40/20 Zdraví škodlivý: možné nebezpečí nevratných účinků při vdechování
R 40/21 Zdraví škodlivý: možné nebezpečí nevratných účinků při styku s kůží
R 40/22 Zdraví škodlivý: možné nebezpečí nevratných účinků při požití
R 40/20/21 Zdraví škodlivý: možné nebezpečí nevratných účinků při vdechování a při styku s kůží
R 40/20/22 Zdraví škodlivý: možné nebezpečí nevratných účinků při vdechování a při požití
R 40/21/22 Zdraví škodlivý: možné nebezpečí nevratných účinků při styku s kůží a při požití
R 40/20/21/22 Zdraví škodlivý: možné nebezpečí nevratných účinků při vdechování, styku s kůží a při požití
R 42/43 Může vyvolat senzibilizaci při vdechování a při styku s kůží
R 48/20 Zdraví škodlivý: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici vdechováním
R 48/21 Zdraví škodlivý: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici stykem s kůží
R 48/22 Zdraví škodlivý: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici požíváním
R 48/20/21 Zdraví škodlivý: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici vdechováním a stykem s kůží
R 48/20/22 Zdraví škodlivý: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici vdechováním a požíváním
R 48/21/22 Zdraví škodlivý: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici stykem s kůží a požíváním

- R 48/20/21/22 Zdraví škodlivý: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici vdechováním, stykem s kůží a požíváním
- R 48/23 Toxický: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici vdechováním
- R 48/24 Toxický: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici stykem s kůží
- R 48/25 Toxický: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici požíváním
- R 48/23/24 Toxický: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici vdechováním a stykem s kůží
- R 48/23/25 Toxický: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici vdechováním a požíváním
- R 48/23/24/25 Toxický: nebezpečí vážného poškození zdraví při dlouhodobé expozici vdechováním, stykem s kůží a požíváním
- R 50/53 Vysoce toxický pro vodní organismy, může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí
- R 51/53 Toxický pro vodní organismy, může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí
- R 52/53 Škodlivý pro vodní organismy, může vyvolat dlouhodobé nepříznivé účinky ve vodním prostředí

SEZNAM S vět

- pokyny pro bezpečné zacházení s nebezpečnými chemickými látkami

- S 1 Uchovávejte pod uzamčením
- S 2 Uchovávejte mimo dosah dětí
- S 3 Uchovávejte na chladném místě
- S 4 Uchovávejte mimo obytné objekty
- S 5 Uchovávejte pod ... (příslušnou kapalinu specifikuje výrobce a dovozce)
- S 6 Uchovávejte pod ... (inertní plyn specifikuje výrobce a dovozce)
- S 7 Uchovávejte obal těsně uzavřený
- S 8 Uchovávejte obal suchý
- S 9 Uchovávejte obal na dobře větraném místě
- S 12 Neuchovávejte obal těsně uzavřený
- S 13 Uchovávejte odděleně od potravin, nápojů a krmiv
- S 14 Uchovávejte odděleně od ... (vzájemně se vylučující látky uvede výrobce a dovozce)
- S 15 Chraňte před teplem
- S 16 Uchovávejte mimo dosah zdrojů zapálení - Zákaz kouření
- S 17 Uchovávejte mimo dosah hořlavých materiálů
- S 18 Zacházejte s obalem opatrně a opatrně jej otevírejte
- S 20 Nejezte a nepijte při používání
- S 21 Nekuřte při používání
- S 22 Nevdechujte prach
- S 23 Nevdechujte plyny/dýmy/páry/aerosoly ... (příslušný výraz specifikuje výrobce a dovozce)
- S 24 Zamezte styku s kůží
- S 25 Zamezte styku s očima
- S 26 Při zasažení očí okamžitě důkladně vypláchněte vodou a vyhledejte lékařskou pomoc
- S 27 Okamžitě odložte veškeré kontaminované oblečení
- S 28 Při styku s kůží okamžitě omyjte velkým množstvím ... (vhodnou kapalinu specifikuje výrobce a dovozce)
- S 29 Nevylévejte do kanalizace
- S 30 K tomuto výrobku nikdy nepřidávejte vodu
- S 33 Proveďte preventivní opatření proti výbojům statické elektřiny
- S 35 Tento materiál a jeho obal musí být zneškodněny bezpečným způsobem
- S 36 Používejte vhodný ochranný oděv
- S 37 Používejte vhodné ochranné rukavice
- S 38 V případě nedostatečného větrání používejte vhodné vybavení pro ochranu dýchacích orgánů
- S 39 Používejte osobní ochranné prostředky pro oči a obličej
- S 40 Podlahy a předměty znečištěné tímto materiálem čistěte ... (specifikuje výrobce a dovozce)
- S 41 V případě požáru nebo výbuch nevdechujte dýmy

- S 42 Při fumigaci nebo rozprašování používejte vhodný ochranný prostředek k ochraně dýchacích orgánů (specifikaci uvede výrobce, dovozce a distributor)
- S 43 V případě požáru použijte ... (uvedte zde konkrétní typ hasicího zařízení. Pokud zvyšuje riziko voda, připojte "Nikdy nepoužívat vodu")
- S 45 V případě nehody nebo necítíte-li se dobře, okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc (je-li možno, ukažte toto označení)
- S 46 Při požití okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc a ukažte tento obal nebo označení
- S 47 Uchovávejte při teplotě nepřesahující ... °C (specifikuje výrobce a dovozce)
- S 48 Uchovávejte ve zvlhčeném stavu ... (vhodnou látku specifikuje výrobce a dovozce)
- S 49 Uchovávejte pouze v původním obalu
- S 50 Nesměšujte s ... (specifikuje výrobce a dovozce)
- S 51 Používejte pouze v dobře větraných prostorách
- S 52 Nedoporučuje se pro použití v interiéru na velké plochy
- S 53 Zamezte expozici - před použitím si obstarejte speciální instrukce
- S 56 Zneškodněte tento materiál a jeho obal ve sběrném místě pro zvláštní nebo nebezpečné odpady
- S 57 Použijte vhodný obal k zamezení kontaminace životního prostředí
- S 59 Informujte se u výrobce nebo dodavatele o regeneraci nebo recyklaci
- S 60 Tento materiál a jeho obal musí být zneškodněny jako nebezpečný odpad
- S 61 Zabraňte uvolnění do životního prostředí. Viz speciální pokyny nebo bezpečnostní listy
- S 62 Při požití nevyvolávejte zvracení: okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc a ukažte tento obal nebo označení
- S 63 V případě nehody při vdechnutí přeneste postiženého na čerstvý vzduch a ponechte jej v klidu
- S 64 Při požití vypláchněte ústa velkým množstvím vody (pouze je-li postižený při vědomí)

KOMBINACE S vět

- S 1/2 Uchovávejte uzamčené a mimo dosah dětí
- S 3/7 Uchovávejte obal těsně uzavřený na chladném místě
- S 3/9/14 Uchovávejte na chladném, dobře větraném místě odděleně od ... (vzájemně se vylučující látky uvede výrobce a dovozce)
- S 3/9/14/49 Uchovávejte pouze v původním obalu na chladném, dobře větraném místě odděleně od ... (vzájemně se vylučující látky uvede výrobce a dovozce)
- S 3/9/49 Uchovávejte pouze v původním obalu na chladném, dobře větraném místě
- S 3/14 Uchovávejte na chladném místě, odděleně od ... (vzájemně se vylučující látky uvede výrobce a dovozce)
- S 7/8 Uchovávejte obal těsně uzavřený a suchý
- S 7/9 Uchovávejte obal těsně uzavřený, na dobře větraném místě
- S 7/47 Uchovávejte obal těsně uzavřený, při teplotě nepřesahující ... °C (specifikuje výrobce a dovozce)
- S 20/21 Nejezte, nepijte a nekuřte při používání
- S 24/25 Zamezte styku s kůží a očima
- S 27/28 Po styku s kůží okamžitě odložte veškeré kontaminované oblečení a kůži okamžitě omyjte velkým množstvím ... (vhodnou kapalinu specifikuje výrobce a dovozce)
- S 29/35 Nevylévejte do kanalizace, tento materiál a jeho obal musí být zneškodněny bezpečným způsobem
- S 29/56 Nevylévejte do kanalizace, zneškodněte tento materiál a jeho obal ve sběrném místě zvláštních nebo nebezpečných odpadů
- S 36/37 Používejte vhodný ochranný oděv a ochranné rukavice
- S 36/37/39 Používejte vhodný ochranný oděv, ochranné rukavice a ochranné brýle nebo obličejový štít
- S 36/39 Používejte vhodný ochranný oděv a ochranné brýle nebo obličejový štít
- S 37/39 Používejte vhodné ochranné rukavice a ochranné brýle nebo obličejový štít
- S 47/49 Uchovávejte pouze v původním obalu při teplotě nepřesahující ... °C (specifikuje výrobce a dovozce)

Příloha 11

Grafické výstražné symboly

C



žíravý

E



výbušný

F



vysoce hořlavý

F +



extrémně hořlavý

N



nebezpečný pro
životní prostředí

O



oxidující

T



toxický

T +



vysoce toxický

Xi



dráždivý

Xn



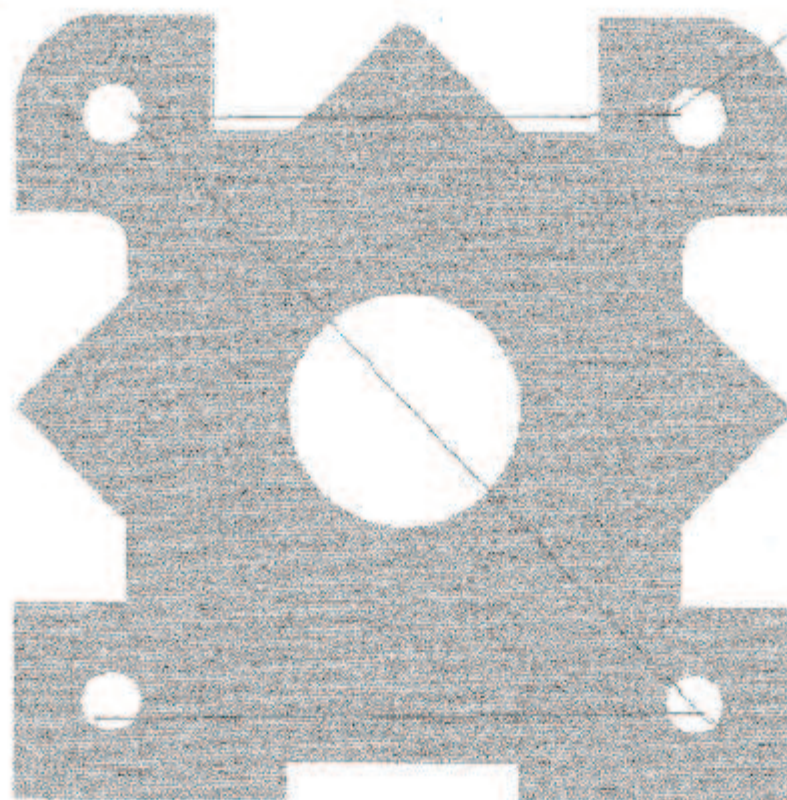
zdraví škodlivý

Příloha 12

Datový list z řezání vodním paprskem

Job report

03/19/09 15:34:10



ACD soubor: výkres prismy v DXF

CNC soubor: V:\Programy\programy_2C.mch\000.xpl

Material:	Steel	Nastroje:1	
Tloušťka:	3.000	Rezná délka:	730.720mm
Sheet ID:		Rapid length:	298.331mm
Sheet name:		Marking length:	0.000mm
Uložení:		Max feedrate:	384.000mm/min
Sheet size X:	0.000	Min feedrate:	172.396mm/min
Sheet size Y:	0.000	Průměrná rychlost posuvu:	266.474mm/min
Stroj:	AWJ Num	Čelkový čas:	3m, 4s [0.051h]
Tlak:	3600	Rychlý čas:	1s [0.000h]
Abrázivo druh:	GMA Garnet 80	Doba značení:	1s [0.000h]
Abrázivo g/min:	300	Prostřelovací čas:	18s [0.005h]
Průměr vodní trysky:	0.254	Rezný čas:	2m, 44s [0.046h]
Průměr trysky:	0.762	Drilling/Rapid time:	1s [0.000h]



Part name:	erbg
Zakaznik:	mep
Datum:	19.3.2009
Váha:	0.172
X-rozmer:	100.000
Y-rozmer:	100.000
Marking length:	0.000mm
Rezná délka:	730.720mm
Number of parts:	1
Průměrný čas:	3m, 4s [0.051h]
Single time:	3m, 4s [0.051h]
Čelkový čas:	3m, 4s [0.051h]

36,60

Příloha 13

Datový list z řezání plazmou

Název sestavy : PRISMA TL.3		Síla plechu :3.0 mm			Jakost mat. :S235			
Rozměr tabule :2000x1000 mm		kusů tabule :1			váha tabule :48.0 kg			
Programoval : PALÁT		Chodu / hoř.:1 / 1			Datum tisku :13.3.2009			
Celkem korun : 959.8		Celkem NM : 3.6			využití ČS/HR :7% / 10%			
Zakázka	Jméno	Kusů	váha čs	váha hr	Řez	Prop	Minuty	Koruny
	TEST 3 1x	20	3.5	4.8	14.994	120	3.6	959.8
Celkové součty pro výkresy		20	3.5	4.8	14.994	120	3.6	959.8

ZÁKAZNÍK : PRODEJ

VÝKRES : PRISMA TL.3

PROGRAM : TEST 3 1x

metr² : $15 \text{ m} / \text{celkem} \times 40 \text{ Kč} / \text{m} = 600$

náhla : $7 \text{ kg} / \text{celkem} \times 19,50 \text{ Kč} / \text{kg} = 136,5$

profaly : $100 \times 3 \text{ Kč} = 300$

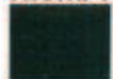
cena celkem : 1036,50 Kč bez DPH

cena / kus : 51,83 Kč / ks

120x100
20x

Příloha 14

Datový list z řezání laserem



STROJ:	L3030S (MAX.VYKON LASERU 3200 WATT)
SYSTEM RIZENÍ:	Sin 840D
FIRMA:	Trumpf
NAZEV ZAKÁZKY:	
NAZEV PROGRAMU NC:	C:\Nové zakázky\BP\3PL\BP_3PL.LST
NAZEV PROGRAMU:	BP_3PL ()
MATERIAL (DESKA):	St37-30 (1.0038)
MATERIAL (TT):	St37-30 (1.0038)
OZNACENÍ SKLADOVANEHO MATERIALU:	
PRIREZ:	360.00 x 360.00 x 3.00 mm
MINIMÁLNÍ PØÍØEZ:	110.08 x 110.08 mm
SMER VÁLCE:	X
HMOTNOST:	3.05 kg
STROJNÍ ČAS	0 : 00 : 16 [h:min:s] (PCS: 0 : 00 : 16 [h:min:s])
POTREBA PAMETI:	3175 ZNAK
CELKOVÁ DELKA REZU:	733.298 mm
POČET PROGRAMOVÝCH CYKLU:	1
PROREZ:	94.30 %

INFORMACE O JEDNOTLIVÝCH DÍLECH

CÍSLO DÍLU:	CÍSLO VÝKRESU:	NAZEV GEOM:SOUBORU	POČET:
1	NOID_1	C:\Nové zakázky\BP\3PL\výkres prismy v DXF.GEO	1
NAZEV DESKY: C:\Nové zakázky\BP\3PL\BP_3PL.taf			

INFORMACE O JEDNOTLIVÝCH DÍLECH

	CÍSLO DÍLU:	1
	CÍSLO VÝKRESU:	NOID_1
	NAZEV VÝKRESU:	
	JMENO ZAKÁZNIKA:	
	POČET:	1
	ROZMERY:	100.000 x 100.000 mm
	PLOCHA:	7343.45 mm ²
	NAZEV PRACOVNÍHO PŘEDPISU:	T2D-5621-5P
	CÍSLO PODPROGRAMU:	SP1BP_3PL
	DOBA ZPRACOVÁNÍ:	0.25 min (PCS: 0.25 min)
	REZNA DELKA:	733.298 mm
	HMOTNOST:	0.173 kg
	POČET VPÍCHOVACÍCH BODŮ:	6
	DOBA ZAPÍCHOVÁNÍ:	0.36 (PCS: 0.12) s
	NAZEV GEOM:SOUBORU	C:\Nové zakázky\BP\3PL\výkres prismy v DXF.GEO

Cena výpalku 17,- Kč